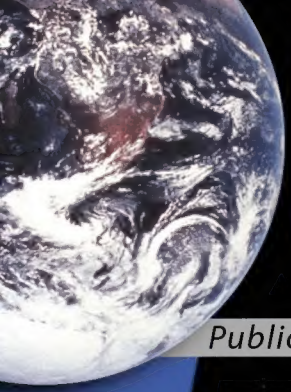
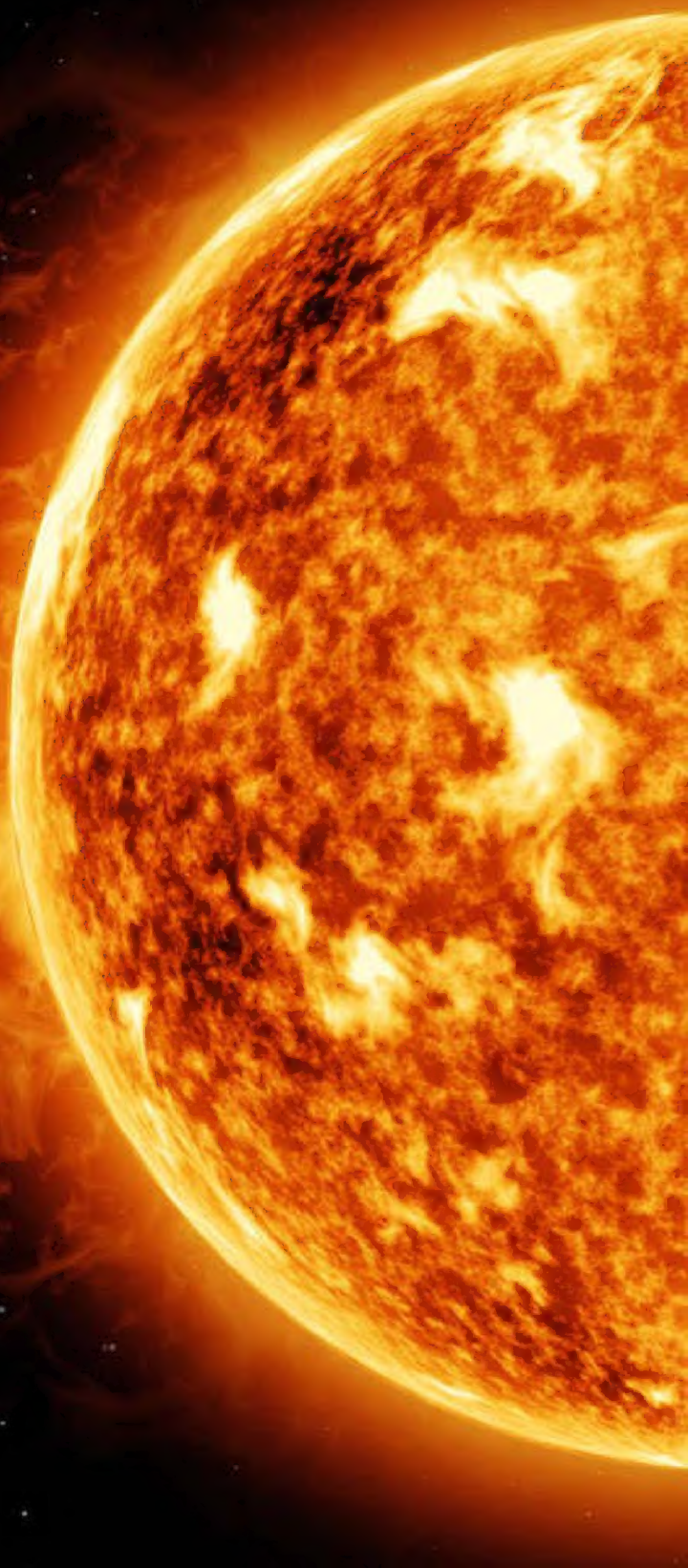


FOLHA Criacionista

Publicação da Sociedade Criacionista Brasileira. Ano 19 – Nº 42 – 1º semestre/1990

DADOS E FATOS SOBRE O SOL



DILEMAS EVOLUCIONISTAS

Sociedade Criacionista Brasileira

Nossa capa

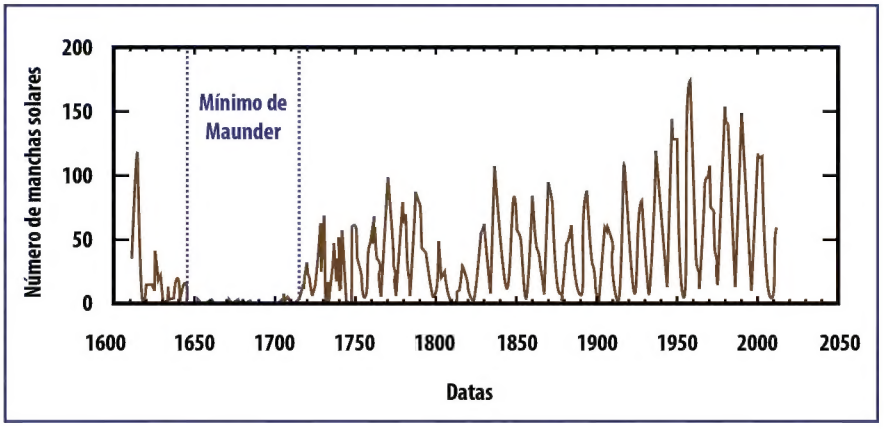
Se o telescópio, ou luneta astronômica, não tivesse sido inventado por Galileu no começo do século XVII, provavelmente não se teria tido tempo de observar a existência das manchas solares antes de seu desaparecimento quase que completo no decorrer do século seguinte, dificultando a compreensão da sua periodicidade cíclica, e impedindo a detecção do período conhecido como "*Mínimo de Maunder*".

Em nossa capa se apresenta o número médio anual estimado das manchas solares desde 1610 até 1750, destacando o período do mínimo de Maunder.

Os artigos que são apresentados neste número da Folha Criacionista podem ser bastante ilustrativos da "*longa luta travada em torno da ideia de um Sol perfeito, ou se não perfeito, constante, e se inconstante, pelo menos regular...*" Na realidade, a história dessas ideias, como diz John A. Eddy no seu artigo sobre o "*Mínimo de Maunder*" na revista "*Science*" de 18 de junho de 1976, p. 1200, é mais uma questão afeta às Ciências Sociais do que às Ciências Físicas, em face da persistência de certos conceitos sem qualquer base verdadeiramente científica.

Embora ainda muito exista para se pesquisar mais profundamente, ficam bastante claras as impropriedades do modelo uniformista para a explicação de uma série de fenômenos particularmente ligados à Geofísica, em especial os relacionados com variações do clima terrestre, que por sua vez têm muito a ver com alterações verificadas no comportamento do astro-rei!

Na reedição deste número 42 da Folha Criacionista, inserimos na nova capa uma fotografia de parte da superfície do Sol, com detalhes impressionantes que são considerados nos textos dos artigos e notícias apresentados.



FOLHA CRIACIONISTA Nº 42

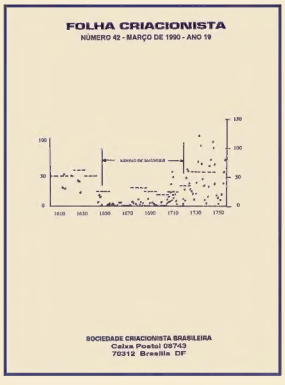
Primeira edição: Impressa na StiloGrafic Artes Gráficas da OSEC - S. Paulo – SP.
Março de 1990 - 500 exemplares

Editores Responsáveis: Ruy Carlos de Camargo Vieira
Rui Corrêa Vieira

Desenhos: Francisco Batista de Mello

Segunda edição: Edição eletrônica pela SCB
1º semestre de 2017

Editores Responsáveis: Ruy Carlos de Camargo Vieira
Rui Corrêa Vieira



Endereço da Sociedade Criacionista Brasileira em 2017, ano da reedição deste número da Folha Criacionista:

Telefone: (61)3468-3892 Sites: www.criacionismo.org.br e
e-mail: scb@scb.org.br www.revistacriacionista.org.br

Editorial

NOTA EDITORIAL ACRESCENTADA À REEDIÇÃO DESTE NÚMERO DA FOLHA CRIACIONISTA

A reedição deste número e dos demais números dos periódicos da Sociedade Criacionista Brasileira faz parte de um projeto que visa facilitar aos interessados o acesso à literatura referente à controvérsia entre o Criacionismo e o Evolucionismo.

Ao se terminar a série de reedições dos números dos periódicos da SCB e com a manutenção do acervo todo em forma informatizada, ficará fácil também o acesso a artigos versando sobre os mesmos assuntos específicos, dentro da estrutura do Compêndio "Ciência e Religião" que está sendo preparado pela SCB para publicação em futuro próximo.

Os Editores responsáveis da Folha Criacionista

Ruy Carlos de Camargo Vieira e Rui Corrêa Vieira

Brasília, Janeiro de 2017

Com este número, a Folha Criacionista inicia seu décimo-nono ano de atividades. Apesar de corresponder a março de 1990, este número 42 da Folha está sendo publicado em meados de 1993, dentro do esquema traçado para a recuperação do atraso verificado em sua publicação nos anos passados.

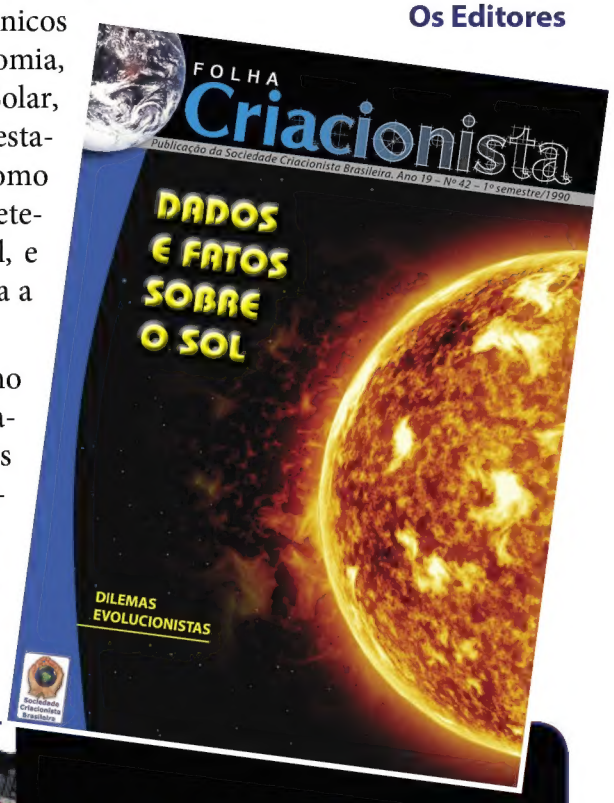
Mantendo ainda a mesma linha adotada a partir do número 38 da Folha, neste número os artigos e as noticias apresentados versam sobre o mesmo tema – nosso astro-rei. A ideia que pretendemos implementar é de ir considerando tópicos relativamente homogêneos, cobrindo assuntos relacionados com as origens, desde os aspectos cosmológicos e cosmogônicos no âmbito da Astronomia, passando pelo Sistema Solar, seus planetas e luas, destacando peculiaridades como cometas, asteroides e meteoritos, chegando ao Sol, e voltando-nos então para a Terra.

De fato, já no próximo número da Folha Criacionista, pretendemos tratar mais especificamente do clima terrestre e sua variabilidade, passando então ao problema de extinção dos dinossauros e outros assuntos correlatos.

A publicação da Folha Criacionista continua sendo possível devido à colaboração inestimável da Organização Santamarense de Educação e Cultura (atualmente Universidade de Santo Amaro), à qual ficam aqui registrados os nossos agradecimentos.

Conforme já mencionado, esperamos até o final do ano de 1992 publicar mais cinco números da Folha Criacionista, encerrando então com chave de ouro o seu vigésimo aniversário, podendo ter efetuado a recuperação total do seu atraso.

Os Editores



Sumário

05 - **A ENERGIA IRRADIADA PELO SOL PODE INDICAR A SUA IDADE?**
Don B. DeYoung e David E. Rush
Creation Research Society Quarterly, setembro de 1989

13 - **O DILEMA DE UM EVOLUCIONISTA TEÍSTA: UMA RESPOSTA A HOWARD VAN TILL**
Thomas G. Barnes
Creation Research Society Quaterly, março de 1987

Notícias

22 - **E O SOL ESTÁ TOCANDO COMO UM GRANDE SINO**

25 - **COMPORTAMENTO NÃO UNIFORME DO SOL**

29 - **SOL SE ENCOLHENDO?**

37 - **A TEMPERATURA SUPERFICIAL DO SOL E AS VARIAÇÕES DA CONSTANTE SOLAR**

39 - **INVERNO NUCLEAR, O SOL E O CLIMA TERRESTRE**

44 - **CARBONO - 14 ATMOSFÉRICO E AS OSCILAÇÕES SOLARES DE ESCALA SECULAR**

FOLHA Criacionista

Publicação periódica da Sociedade Criacionista Brasileira (SCB)

Telefone: (61)3468-3892

Sites: www.scb.org.br e www.revistacriacionista.org.br

E-mail: scb@scb.org.br

Edição Eletrônica da SCB

Editores:
Ruy Carlos de Camargo Vieira
Rui Corrêa Vieira

Projeto gráfico:
Eduardo Olszewski
Michelson Borges

Adaptação e atualização do projeto gráfico:
Renovacio Criação

Diagramação e tratamento de imagens:
Roosevelt S. de Castro

Ilustrações:
Victor Hugo Araujo de Castro

Os artigos publicados nesta revista não refletem necessariamente o pensamento oficial da Sociedade Criacionista Brasileira. A reprodução total ou parcial dos textos publicados na Folha Criacionista poderá ser feita apenas com a autorização expressa da Sociedade Criacionista Brasileira, que detém permissão de tradução das sociedades congêneres, e direitos autorais das matérias de autoria de seus editores.

Sociedade Criacionista Brasileira

Folha Criacionista / Sociedade Criacionista Brasileira
v. 19, n. 42 (Março, 1990) – Brasília
A Sociedade, 1972-.
Semestral
ISSN impresso 1518-3696
ISSN online 2525-393X
1. Gênese. 2. Origem. 3. Criação
EAN Nº 977-1518-36900-2

SISTEMA SOLAR

O Sol pode estar sendo aquecido por colapso gravitacional, por fusão, ou por uma combinação dos dois processos – na realidade não existem evidências suficientes para decidirmos. Consequentemente, o Sol não se caracteriza como um bom indicador da sua própria idade.

A ENERGIA IRRADIADA PELO SOL PODE INDICAR A SUA IDADE?

Don B. DeYoung

Ph. D., docente do *Grace College*, Winona Lake, Indiana, U.S.A.

David E. Rush

Graduado em Ciências, cursando pós-graduação no *Institute for Creation Research*, na época em El Cajon, California, U.S.A.

Resumo

Questões relacionadas com a idade do Sol necessariamente giram em torno de como produz ele sua enorme energia. Os evolucionistas, partidários de uma idade avançada para o Sol, preferem aceitar o mecanismo da fusão nuclear, o único processo hoje conhecido que poderia perdurar ao longo de bilhões de anos. Os criacionistas, partidários de uma idade recente, contra-argumentam que as evidências a favor da fusão são escassas, e muitos dentre eles aceitaram rapidamente os dados que parecem indicar que o Sol está se encolhendo. Neste caso, ele poderia estar se aquecendo em virtude de colapso gravitacional e não da fusão. Entretanto, aqueles dados provavelmente estão eivados de erro, e mesmo que não estivessem, correspondem a valores muito maiores do que os que atualmente são necessários para a produção do calor solar, de tal forma que se tornam descabidos. O Sol pode estar sendo aquecido por colapso gravitacional, por fusão, ou por uma combinação dos dois processos – na realidade não existem evidências suficientes para decidirmos. Consequentemente, o Sol não se caracteriza como um bom indicador da sua própria idade.

Introdução

Em 1979 o famoso astrônomo John Eddy do "*Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics and High Altitude Observatory*" em Boulder, Colorado, e Aram Boornazian, matemático profissional, fizeram um anúncio dramático – o Sol está se encolhendo! Mediante a análise de medidas de trânsitos solares feitas no "*Royal Greenwich Observatory*" desde 1836, e no "*U. S. Naval Observatory*" desde 1846 (feitas com o propósito original de determinar exatamente o meio-dia) eles calcularam que o Sol aparentemente está se encolhendo na proporção de cerca de 1,5 metros por hora (0,1% ou 2 segundos de arco, por século).

Ao considerarem dados mais esparsos obtidos de observações de eclipses solares nos últimos quatro séculos, descobriram evidências favoráveis a uma contração solar de mais longo termo. Ressaltaram, então, que essa contração poderia produzir uma parte significativa da luminosidade solar (Eddy e Boornazian, 1979; Lubkin, 1979).

Para os que se prendiam a uma concepção da idade do Sol da ordem de vários bilhões de anos, a aceitação da interpretação dos dados feita por Eddy e Boornazian foi encarada como somente uma parte de um longo ciclo solar, ou uma pulsação. Raciocinaram eles que tal taxa de contração obviamente não poderia ser mantida por muito tempo, razão pela qual foi suposta integrar uma alteração cíclica. Realmente, têm sido observados ciclos solares correspondentes a oscilações cujos períodos vão desde cinco minutos até talvez alguns séculos, como no caso das manchas solares. Algumas delas são regulares, mas outras são irregulares, semelhantes a tossidos ou espirros.

Eddy lamenta: "*Não acho que essas irregularidades sejam uma marca de saúde, mas sim de um mecanismo trêmulo e raquítico*" (Bell, 1978).

Alguns criacionistas partidários de uma idade recente para o Sol, por outro lado, aceitaram pressurosos o relato inicial. Dentre eles incluem-se Akridge (1980), Hanson (1981), Hinderliter (1980 a, 1980 b), Steidl (1980), Taylor (1984), Chaffin (1987), Barnes (1987) e Benton (1987). Interpretaram eles o relato como evidência favorável à geração do calor solar não pela fusão termonuclear, mas pelo colapso gravitacional, pelo que a idade do Sol não poderia ser maior do que 30 milhões de anos (Apêndice C). Alguns, como Akridge, usaram também o chavão favorito dos uniformistas – "*O presente é a chave para o passado*" – para extrapolar a taxa de contração de 1,5 metro por hora em direção ao passado, e obter o tempo em que o Sol engolfaria a Terra.

Foi encontrado o valor da ordem de 20 milhões de anos, que estabeleceria um limite superior para a idade da vida sobre a Terra, obviamente muito menor do que o exigido pelo Evolucionismo. Tivesse isso sido feito somente para espicaçar o mais sagrado principio do Evolucionismo, estaria tudo bem. Entretanto, não é válido usar aqueles dados como evidência favorável a um Sol recente e, portanto, também a um Sistema Solar e a uma Terra recentes.

Análise do problema

Existem três problemas principais na colocação de uma ênfase indevida nas medidas do diâmetro solar. A seguir serão discutidos esses problemas detalhadamente.

1. Os resultados de Eddy e Boornazian são suspeitos

Numerosos outros observadores não aceitaram as conclusões de Eddy e Boornazian. E assim procederam com base em outros dados históricos (como, por exemplo, os trânsitos de Mercúrio), e a reanálise dos dados de Greenwich, que foram obtidos com a utilização de vários instrumentos distintos, por distintos observadores, em localidades distintas (Gilliland, 1981; Brown, 1982; Labonte e Howard, 1981; Sofia *et al.*, 1985; Parkinson, 1983; Parkinson, *et al.*, 1980; Endal e Twigg, 1982; Krasinsky *et al.*; Dunham *et al.*, 1980; Shapiro, 1980; Sofia *et al.*, 1979; Ribes *et al.*, 1987; O'Dell e Van Helden, 1987). Alguns desses autores sugerem uma pequena contração do Sol, mas a maioria não vê qualquer alteração real. Os próprios Eddy e Boornazian silenciaram sobre o assunto, nem se retratando nem defendendo seus resultados. A controvérsia que eles provocaram parece estar se amortecendo. De 1984 a meados de 1988 seus artigos originais receberam somente quatro referências na literatura científica não Criacionista, de acordo com o *Citation Index*. Foram elas feitas em artigos escritos por Krasinsky *et al.* (1985), Sofia *et al.* (1985), Ribes *et al.* (1987), e O'Dell e Van Helden (1987). Também não receberam referências os artigos posteriores de Eddy, desde sua publicação, de acordo também com o *Citation Index*. Mesmo que o relato inicial tivesse sido aceito por todos, os criacionistas ainda não estariam justificados por aplicarem uma grosseira extrapolação àqueles valores iniciais, mesmo baseados no princípio do Uniformismo, para então proclamá-los como "comprovação" da juventude da Terra.

Devido ao prestígio de Eddy junto à comunidade astronômica, foi dada atenção não somente para a reanálise dos dados históricos, mas também para a compilação dos dados atuais das medidas do diâmetro solar (Lites, 1983; Rosch e Yerle, 1983; Sofia *et al.*, 1986; Mourison *et al.*, 1988). Os métodos de medida estão sendo padronizados, instrumentos especiais foram desenvolvidos, e resultados mais precisos deverão estar disponíveis nos próximos anos.

O assunto relativo ao diâmetro solar tornou-se complicado em face dos esforços desenvolvidos por alguns criacionistas não muito avisados. Por exemplo, Van Till (1988) considerou as alterações solares como uma falsa lenda na qual somente os criacionistas continuavam a crer, e a perpetuá-la. A esse respeito são procedentes os seguintes três comentários. Primeiro, essa posição é compreensível, mas ultrapassa os limites plausíveis. Como se pode ver na lista das referências feitas, a discussão sobre as alterações solares ainda permanece acesa tanto na ciência tradicional como na criacionista. A questão das alterações solares não foi ainda completamente resolvida, como Van Till pareceu sugerir. Um tópico científico com menos de dez anos de existência certamente não mereceria ser classificado como "*lenda*". Segundo, os criacionistas sempre apresentaram pontos de vista diversificados com relação ao problema do diâmetro solar. Terceiro, não é justo associar o ponto de vista criacionista com o termo "*lenda*". Isso parece revelar um propósito escuso de difamação do fundamento bíblico do Criacionismo.

2. A TAXA DE ALTERAÇÃO DO DIÂMETRO SOLAR QUE FOI SUGERIDA É INCOMPATÍVEL COM A CONTRAÇÃO GRAVITACIONAL TEÓRICA

Se o Sol se estivesse encolhendo lentamente, cada partícula sua que se deslocasse em direção centrípeta estaria liberando energia potencial gravitacional na forma de calor. Esse calor seria irradiado pelo espaço, diminuindo assim a temperatura, reduzindo a pressão e permitindo o ciclo repetir-se com mais contração. A taxa teórica de colapso gravitacional necessária para a produção da atual luminosidade do Sol tem sido conhecida há longo tempo. Os princípios básicos para seu cálculo foram desenvolvidos por Helmholtz (1854) e Kelvin (1861).

Todo o calor emitido atualmente pelo Sol poderia ser produzido por uma taxa de contração de somente cerca de 0,006 metros por hora (Apêndice B), cerca de 250 vezes menor do que o valor calculado por Eddy e Boornazian.

Na realidade eles estavam cientes disso, e sugeriram então que somente uma fina camada externa se contraísse, enquanto o enorme núcleo interior permanecesse com dimensão constante. Alguns criacionistas (Akridge, 1980; Hinderliter, 1980 b; Steidl, 1979), imediatamente adotaram esse ponto de vista, que os permitia manter a taxa de contração sugerida (pondo em risco a escala de tempo evolucionista) evitando o superaquecimento do Sol.

Entretanto é esta claramente uma hipótese *ad hoc*, pois a única razão de sua formulação é a reconciliação da interpretação dos dados de Eddy e Boornazian com a taxa teórica de contração. Sem dúvida, é uma especulação fazer o que Akridge fez (mesmo com a justificativa que ele apresentou para o seu raciocínio) no sentido de: 1) extrapolar a questionável taxa de 1,5 metros por hora; 2) e fazê-lo de maneira linear, não variando inversamente com o raio; e 3) estendendo-se ao longo de vastos intervalos de tempo.

A taxa teórica de colapso gravitacional de 0,006 metros por hora (com o valor atual do diâmetro) é muitíssimo pequena para ser detectada, se realmente estiver ocorrendo. Passarão séculos até que uma nova geração de instrumentos, com toda a sofisticação neles incorporada, possa coletar suficiente informação para uma efetiva avaliação. A razão está no fato de que uma taxa de 0,006 metros por hora, ou aproximadamente 4,8 quilômetros por século, corresponde a somente 0,007 segundos de arco por século, valor extremamente baixo. Os melhores instrumentos instalados na superfície da Terra apresentam, para esse propósito, resolução de somente cerca de 0,25 segundos de arco. No futuro, os satélites poderão melhorar esse limite de resolução, mas provavelmente permanecerão suficientes incertezas inerentes à determinação do contorno de uma esfera de gás aquecido, em atividade, para dificultar a realização de medidas definitivas de contração dessa ordem de grandeza, ao longo de várias gerações futuras. Mesmo que a taxa de 1,5 metros por hora fosse o valor verdadeiro, isso corresponderia a somente 2 segundos de arco por século, valor que levaria décadas para poder ser verificado, especialmente se realmente existir a variação cíclica de diâmetro com período de 80 anos como Parkinson (1983) afirma.

Os criacionistas sempre estiveram corretos ao destacar que o colapso gravitacional poderia prover o calor solar. Teoricamente isso poderia estar acontecendo há cerca de 30 milhões de anos (Apêndice C). O criacionis-

ta pode facilmente aceitar esse limite, mas o evolucionista exige um tempo muito maior, devendo então sugerir outra fonte de energia. A pergunta que ambos devem fazer é se existe outra fonte possível de energia. A resposta parece ser que é provável que a fusão do Hidrogênio seja a fonte da energia solar.

3. A teoria e a observação indicam que a fusão termonuclear provavelmente está em operação no Sol.

Os cálculos indicam que o interior do Sol experimenta uma temperatura e uma pressão extremamente elevadas, que deveriam provocar a ocorrência de fusão nuclear (Apêndice A). Além do mais, uma "experiência de laboratório" que mostra a real possibilidade da fusão é a bomba de Hidrogênio. Essas duas linhas de raciocínio podem ser usadas para afirmar-se que o Sol poderia estar queimando Hidrogênio. Existe, porém, alguma evidência de que isso realmente acontece? A resposta é um sim, claramente certo.

É geralmente aceito pelos criacionistas e evolucionistas que um subproduto da reação de fusão, o neutrino, é detectado na Terra. As evidências, entretanto, são ambíguas, pois o sinal correspondente ao neutrino está situado somente um pouco acima do ruído de fundo, e atinge somente uma fração (usualmente da ordem da terça parte) do que deveria ser. Esses bem conhecidos "neutrinos perdidos" são considerados hoje como um dos maiores problemas enfrentados pela Física solar moderna (DeYoung, 1987 p. 64; Zeilik e Smith, 1987 p. 276; Waldrop, 1985; Gingras, 1987). Além do mais, esse fraco sinal é não direcional e experiências de grande sensibilidade estão hoje em andamento para determinar se o sinal realmente provém do Sol. Esperam-se resultados dentro de dois a três anos.

Talvez seja bem mais promissor o ensaio proposto para a detecção de neutrinos de baixa energia (Hudson, 1987; Perkins, 1988), que as experiências em curso não conseguem detectar. De acordo com a teoria convencional, eles deveriam ser produzidos por quase todas as reações em cadeia do tipo próton-próton, em contraposição aos neutrinos de alta energia realmente detectados, que são produzidos somente em cerca de 0,02% das reações.

Deveriam, portanto, existir mais neutrinos de baixa energia, e a detecção de sua proveniência a partir da direção do Sol constituiria uma comprovação virtual de que a fusão do Hidrogênio é a fonte de energia solar. Por outro lado, a sua não detecção constituiria forte evidência de que a fusão não seria o mecanismo de produção da energia solar. Os neutrinos de baixa energia ocasionalmente interagem com o Gálio para produzir Germânio, razão pela qual os cientistas juntaram grande parte das escassas reservas de Gálio existentes, concentrando-a em dois detectores, um na União Soviética e outro na Europa Ocidental. Ambos os detectores iniciarão seu funcionamento em 1989. Outro tipo de detector de neutrino, usando água pesada, está em estágio de planejamento (Aardsma, 1987). Este instrumento será capaz de medir a direção dos neutrinos incidentes, o que é um fator de importância na questão dos neutrinos solares.

Os "*neutrinos pesados*" obviamente despertaram uma grande onda de interesse internacional. Maddox (1988) comenta a respeito: "*Quando essa história se encerrar, restará o fato impressionante de que tanto trabalho experimental e teórico tenha sido estimulado por uma única observação discrepante*".

Como se os dados atuais já não causassem suficiente dificuldade para a teoria solar convencional, recentemente surgiu ainda outra fascinante especulação sobre os misteriosos neutrinos. Maddox (1988) escreve a esse respeito:

> *"Surgiu agora uma nova frente de perturbação em um campo já suficientemente confuso – a possibilidade de que parte da conversão de núcleos de Cloro em Argônio, observada primeiramente por Davis, possa ser conduzida não por neutrinos provenientes do núcleo do Sol, mas pelas labaredas ou explosões solares. Essa sugestão parece ter sido feita no ano passado pelo próprio Davis, baseada em uma aparente correlação entre os registros feitos pelos equipamentos de Homestake e a presença das explosões solares. ... Evidentemente, se esta especulação estiver correta, a discrepância entre o fluxo de neutrinos provenientes do Sol, esperado e medido, aumentaria ainda mais."*

É possível existir uma correlação entre o número de manchas

solares, o semidiâmetro aparente do Sol, a irradiança solar e os neutrinos. Nesse caso "*...é então praticamente inevitável que as taxas das reações nucleares no núcleo solar estejam variando com o ciclo*" (Gough, 1988). Aparentemente, não foram ainda exploradas as modificações que isso poderia acarretar na teoria da fusão. Os neutrinos que são hoje detectados constituem, portanto, evidência a favor dos dois lados da questão da energia solar. Os evolucionistas afirmam que eles indicam que pelo menos parte do calor solar é produzida por fusão, enquanto os criacionistas afirmam que, se eles realmente existirem, indicam tão somente que alguma outra fonte, como a contração gravitacional, responde pela maior parte da energia solar.

Vale a pena observar, de passagem, o que os evolucionistas consideram como a maior evidência a favor da fusão:

> "*... a contração gravitacional pode sustentar o Sol com sua atual luminosidade somente durante 15 milhões de anos; alguma outra fonte de energia deve ser procurada se quisermos explicar bilhões de anos de luminosidade*". (Zeilik e Smith, p. 274, com seu próprio destaque).

> "*Ora, a vida tem existido na Terra há mais de três bilhões de anos, ... e durante este intervalo, pelo menos, o Sol deve ter estado brilhando mais ou menos estavelmente com uma luminosidade próxima de seu valor atual.*" (Shu).

> "*As evidências geológicas, portanto, indicam que a crosta terrestre tem a idade de vários bilhões de anos, e certamente é de se esperar que o Sol seja pelo menos tão velho quanto a Terra. ... Devemos concluir que, apesar de a contração gravitacional poder desempenhar um papel importante durante breves fases da evolução estelar, outra fonte deve ser responsável pela maior parte da energia irradiada por uma estrela.*" (Novotny, p. 248).

Outras considerações sobre a energia solar

Como nova evidência contra a fusão e a favor da contração, Steidl (1980) menciona a oscilação de 160 minutos já agora famosa na Física solar. Essa oscilação foi detectada através de deslocamentos da superfície solar medidos com base no efeito Doppler, que foram interpretados como pulsações radiais. O correspondente longo período implica a existência de condições no interior do Sol que não se ajustam à moderna teoria solar. (Ondas de choque profundas transmitiriam energia eficientemente, estabelecendo um gradiente de temperatura menor). Os descobridores deste fenômeno afirmam claramente que "*a sua interpretação parece causar muita dificuldade teórica.*" (Severny *et al.*, 1976).

Entretanto, esse ciclo de 160 minutos não é aceito universalmente. Woodward e Hudson (1983) e Van der Raay (1980) não o detectaram, e Hudson recentemente afirmou que "*após sua aparição inicial, a oscilação de 160 minutos permaneceu ilusória tanto teoricamente como observacionalmente*" (Hudson, 1987). Os seguintes artigos, dos principais autores que aceitam a oscilação de 160 minutos e tentam explicá-la, ajudarão aos que se interessem em acompanhar essa nova ciência da "*Heliossismologia*" e suas implicações: Severny *et al.*, 1976; Hill *et al.*, 1986; Grec *et al.*, 1980; Isaak, 1982; Claverie *et al.*, 1981; Delache e Scherrer, 1983; Scherrer e Wilcox, 1983, e Ando, 1986.

Steidl (1980) apresenta "uma consideração final" importante. Ele cita Cameron, astrofísico ligado à Universidade Harvard e ao *Smithsonian Institution*, que calculou a temperatura máxima que pode ser obtida pela teoria padrão evolucionista da formação de estrelas a partir de nuvens de gás entrando em colapso, chegando a um milhão de graus Kelvin, valor muito baixo para o inicio da fusão do Hidrogênio (Cameron, 1976). Steidl ressalta um ponto válido. Quando e onde quer que os evolucionistas comecem a falar a respeito das origens, rapidamente se veem em grande dificuldade. Entretanto, com sua filosofia sagrada, usualmente dão de ombros às dificuldades, como Cameron o faz:

> "*A existência desta tão grande incerteza sobre a maneira pela qual ocorrem as reações nucleares no Sol é uma indicação de que a evolução do Sol, antes de seguir a sequência principal, não é compreendida atualmente.*"

Este problema relacionado com a origem natural do Sol constitui um forte testemunho a favor da sua criação sobrenatural. A questão que estamos levantando,

entretanto, não se relaciona com as origens, mas sim com o seu funcionamento e operação. Para isto, precisamos somente fazer alguns cálculos simples para chegar a uma temperatura de 12 milhões de graus Kelvin no núcleo solar, que (com o auxilio da Mecânica Quântica) seria suficiente para manter a fusão do Hidrogênio (Apêndice A).

Conclusão

As evidências, provenientes tanto da análise dos dados históricos, quanto da teoria e da observação, não são conclusivas a respeito de como o Sol se aquece a si mesmo. Podemos dizer, tão somente, que o Sol pode estar se encolhendo, mas não que definitivamente esteja se encolhendo.

APÊNDICE A

Análise teórica do interior solar

A seguinte análise teórica do interior solar acompanha a que é dada nos textos introdutórios de Astrofísica, como por exemplo "*Astrophysics*" (DeYoung), "*Introductory Astronomy and Astrophysics*" (Zeilik e Smith) e "*Introduction to Stellar Atmospheres and Interiors*" (Novotny).

- Cálculo da pressão no centro do Sol (p_c)

Hipóteses:

a) A lei dos gases perfeitos se aplica em todo o Sol. Isso parece razoável em face de a superfície, que certamente é muito mais fria do que o interior, estar a 6000 °K, bem acima do ponto de fusão de qualquer elemento. Adicionalmente, 98% da massa solar é constituída por Hidrogênio e Hélio.

b) A equação do equilíbrio hidrostático pode ser aplicada. Essa é a equação básica para qualquer atmosfera, e parece razoável supor que ela descreve o equilíbrio entre a força centrípeta da gravitação e a força centrífuga da pressão do gás. Para uma estrela com as dimensões de nosso Sol, a força centrífuga da radiação pode ser desprezada para efeito de cálculo somente com ordens de grandeza.

- Equação da hidrostática:

$$dp/dR = - \rho g$$

com p = pressão
R = distância radial
ρ= densidade
g = aceleração da gravidade

- Aceita-se a aproximação

$$dp/dR = p_c/R$$

com p_c = pressão no centro do Sol
R = raio do Sol = 7.10^8 metros

Aceleração da gravidade na superfície

$$g = G M / R^2$$

com

$$M = \text{massa solar} = 2.10^{30} \text{ kg}$$

e

$$G = \text{constante gravitacional} = 6{,}67.10^{-11} \text{ Nw. m}^2/\text{kg}^2$$

- Densidade solar $\rho = 1410 \text{ kg/m}^3$
- Pressão no Centro

$$p_c = \rho g R$$

ou

$$p_c = 3.10^{14} \text{ nw/m}^2 = 3.10^9 \text{atmosferas}$$

- Conhecida a pressão, pode-se usá-la para calcular a temperatura pela Lei dos Gases Ideais $p = n k T$

com n = número de partículas/m^3 = ρ / μ sendo μ = peso médio da partícula ≅ 0,5 a.m.u. considerando que o Sol é composto na maioria por Hidrogênio ionizado, e k = constante de Boltzmann.

Então, sendo

T = temperatura absoluta, em °K, segue-se

$$T = \mu p / \rho k = 12.10^6 \text{ °K}$$

Apêndice B

Cálculo da taxa teórica de contração gravitacional (Helmholtz-Kelvin)

1. Energia potencial

A energia potencial solar total pode ser estimada imaginando-se cada partícula solar se deslocando desde o infinito até à superfície solar:

$$E_p = \int_{\infty}^{R} [\, G\, M\, m / R^2 \,]\, dR = -\, (G\, M\, m) / R = 3{,}8.10^{41} \text{ joules}$$

com M = massa solar e m = massa da partícula.

2. Potência P irradiada pelo Sol por unidade de massa

$$P = L / M = 2.10^{-4} \text{ joule/s.kg}$$

com a luminosidade solar

$$L = 4.10^{26} \text{ joule/s}$$

e a massa solar

$$M = 2.10^{30} \text{ kg}$$

3. Taxa de contração do Sol

$$v = dR/dt$$

suposta constante. Sendo:

$$P = de_p / dt$$

e

$$E_p = -\, G\, M\, m / R$$

segue-se

$$P = [G\, M\, m / R^2]\, dR/dt$$

e portanto

$$v = dR/dt = PR^2 / G\, M\, m = 7.10^{-7} \text{ m/s}$$

APÊNDICE C

Máxima idade do Sol considerando-se somente a contração gravitacional.

Idade máxima = (Energia total disponível) / (Luminosidade atual) =
$= E_p / L = 10^{15}$ s = 30 milhões de anos

Referências

(1) Aardsma, G., *et al.* 1987. A heavy water detector to resolve the solar neutrino problem. *Physics Letters* B 194(2):321-5

(2) Akridge, Russel, 1980. The sun is shrinking. *ICR Impact* #82.

(3) Ando, Hiroyasu, 1986 Resonant excitation of the solar g-modes through coupling of 5-min oscillations. *Astrophysics and Space Science* 118:177-81 (p. 177).

(4) Barnes, Thomas G. 1987. The dilemma of a theistic evolutionist: an answer to Howard Van Till. *Creation Research Society Quarterly* 23:167-71. [Artigo seguinte, neste número da Folha Criacionista].

(5) Bell, Trudy E. 1978. The shaky machine. *Astronomy* 6(2): 14.

(6) Benton, Dudley J. 1987. Creationist referencing practices and the young earth hypothesis. *Creation Research Society Quarterly* 24:152-3.

(7) Brown, T. M., D. F. Elmore, L. Lacey e H. Hull. 1982. Solar diameter monitor: an instrument to measure long-term changes. *Applied Optics*. 21(19):3588.

(8) Cameron, G. G. W. 1976. The primitive solar accretion disk and the formation of the planets *in* The origin of the solar system. S.F. Dermott, (Ed.) John Wiley. New York. Pp. 49-74 (p.72).

(9) Chaffin, Eugene F. 1987. A young earth? – a survey of dating methods, *Creation Research Society Quarterly* 24:109-17 (p. 115).

(10) Clavefie, A., G. R. Isaak, C. P. Mcleod e H. B. van der Raay. 1981. Rapid rotation of the solar interior. *Nature* 293:443-5.

(11) Delache, Phillippe e Philip Scherrer. 1983. Detection of solar gravity mode oscillations. *Nature* 306:651-3.

(12) DeYoung e Dotlfi B. 1987. Astrophysics, a workbook to accompany classes taught at Grace College and ICR Unpublished.

(13) DunhaIn, David W., Sabatino Sofia, Alan D. Fiala, David Herald e

Paul M. Muller. 1980. Observations of a probable change in the solar radius between 1715 and 1979. *Science* 210:1243-5.

(14) Eddy, J. S. e A. A. Boornazian. 1979. Secular decrease in the solar diameter, 1863-1953. *Bulletin of the American Astronomical Society* 11(2):395.

(15) Endal. A. S. e L. W. Twigg. 1982. The effect of perturbation of convective energy transport on the luminosity and radius of the sun. *The Astrophysical Journal* 260:342-52 (pp. 343,351).

(16) Gilliland, Ronald L. 1981. Solar radius variations over the past 265 years. *The Astrophysical Journal* 248:1144-5.

(17) Gingras, Yves. 1987. A debate in solar physics. *Science* 235:225-6.

(18) Gough, Douglas. 1988. Deep roots of solar eycles. *Nature* 336:618-9.

(19) Grec, Gerard, Eric Fossat e Martin Pomerantz. 1980. Solar oscillations: full disk observations from the geographic South Pole. *Nature* 288:541-4.

(20) Hanson, James. 1981. The sun's luminosity and age. *Creation Research Society Quarterly* 18:27-9.

(21) Hill, Henry A., Jonathan Tash e Clero Padin. 1986. Interpretation and implications of diameter and differential radius observations of the 160 minute period solar oscillation. *The Astrophysical Journal* 304:506-78 (p.560).

(22) Hinderliter, Hilton. 1980a. The shrinking sun: a creationist's prediction, its verification, and the resulting implications for theories of origins. *Creation Research Society Quarterly*. 17:57-9.

(23) _____1980b. The inconsistent sun, how has been behaving, and what might it do next? *Creation Research Society Quarterly* 17:43-5.

(24) Hudson, Hugh S. 1987. Solar variability and oscillations. *Reviews of Geophysics* 25(3):651-2 (p.652).

(25) Isaak, C. R. 1982. Is the sun an oblique magnetic rotator? *Nature* 296:130-1.

(26) Krasinsky, G. A., E. Y. Saramonova, M. L. Sveshnikov, and E. S. Sveshnikov. 1985. Universal time, lunar tidal deceleration, and relativistic effects from observations of transits, eclipses, and occultations in the XVIII-XX centuries. *Astronomy and Astrophysics* 145:90-6.

(27) LaBonte, Barry J. e Robert Howard. 1981. Measurement of solar radius changes. *Science* 214:907-9.

(28) Lites, Bruce W. 1983. An estimation of the fluctuations in the extreme limb of the sun. *Solar Physics* 85:193-214.

(29) Lubkin, Gloria B. 1979. Analyses of historical data suggest Sun is shrinking. *Physics Today* 32(9):17-9.

(30) Maddox, John. 1988. More sideshows for solar neutrinos. *Nature* 336:615.

(31) Morrison, L. V., F. R. Stephenson e J. Parkinson. 1988. Diameter of the sun in AD 1715. *Nature* 331:421-3.

(32) Novotny, Eva. 1973. Introduction to stellar atmospheres and interiors. Oxford University Press. New York.

(33) O'Dell, C. R. e A. Van Helden. 1987. How accurate were seventeenth-century measurements of solar diameter? *Nature* 330:629.

(34) Parkinson, John H. 1983. New measurements of the solar diameter. *Nature* 304:518-20.

(35) Leslie V. Morrison, and F. Richard Stephenson. 1980. The constancy of the solar diameter over the past 250 years. *Nature* 288:548-51.

(36) Perkins, Don. 1988. Neutrino deficiency declines? *Physics World* 1 (11):15.

(37) Perri, Fausto e A. G. W. Cameron 1973. Hydrogen flash in stars. *Nature* 242:395-6.

(38) Ribes, E., J. C. Ribes e R. Barthalot. 1987. Evidence for a larger sun with a slower rotation during the seventeenth century. *Nature* 288:52- 5.

(39) Roseh. J. e R. Yerle. 1983. Solar diameters. *Solar Physics* 82:139-50.

(40) Scherrer, Philip H. e John M. Wilcox. 1983. Structure of the solar oscillation with period near 160 minutes. *Solar Physics* 82:37-42.

(41) Severny, A. B., V. A. Kotov e T. T. Tsap. 1976. Observations of solar pulsations. *Nature* 259:87-9 (p.87).

(42) Shapiro, Irwin E. 1980. Is the sun shrinking? *Science* 208:51-3.

(43) Shu, Frank H. 1982. The physical universe. University Science Books, Mill Valley, CA.

(44) Sofia, S., O'Keefe, R. R. Lesh e A. S. Endal. 1979. Solar constant: constraints on possible variations derived from solar diameter measurements. *Science* 204:1306-8.

(45) Sofia, Sabatino, Pierre Demarque e Andrew Endal. 1985. From solar dynamo to terrestrial climate. *American Scientist* 73:326-33.

(46) Steidl, Paul M. 1980. Solar neutrinos and a young sun. *Creation Research Society Quarterly* 17:60-4.

(47) __1981. Recent developments about solar neutrinos. *Creation Research Society Quarterly* 17:233.

(48) Taylor, Ian T. 1984. In the minds of men. TFE Publishing. Pp. 322-5.

(49) van der Raay, H. B. 1980. Solar oscillations. *Nature* 288:535-6.

(50) Van Till, H., D. A. Young e C. Menninga. 1988. Science held hostage. Inter Varsity Press, Downers Grove, I Ver especialmente pp. 47-65). Ver também. The legend of the shrinking sun. *Journal of the American Scientific Affiliation* 38:164-74 (Van Till).

(51) Waldrop, M. Mitchell. 1985. WIMP's cosmions, and solar neutrinos. *Science* 229:955-6.

(52) Woodard, M. e H. Hudson, 1983. Solar oscillations observed in the total irradiance. *Solar Physics* 82:67-73.

(53) Zeilik, Michael e Elske V. P. Smith. 1987. Introductory astronomy and astrophysics, Saunders College Publishing. Philadelphia.

FÉ E CIÊNCIA

O DILEMA DE UM EVOLUCIONISTA TEÍSTA: UMA RESPOSTA A HOWARD VAN TILL

Apesar dos ataques de um evolucionista teísta, os argumentos a favor da teoria da contração gravitacional usados pelos criacionistas permanecem válidos. Discutem-se também outros argumentos a favor de uma Terra recente.

Thomas G. Barnes

Professor de Física na Universidade do Texas em El Paso, e consultor da *Globe Universal Sciences Inc.*, El Paso, Texas, 79902, U.S.A.

Introdução

O evolucionista teísta constitui um exemplo clássico de um antagonista embaraçado com os extremos de um dilema. A discussão fica claramente definida quando se coloca em um dos extremos do dilema uma Criação recente, e no outro a Evolução. Essas duas posições são mutuamente exclusivas.

Não é necessário mais do que uma comprovação [a partir da validade lógica e das evidências cientificas] da existência de um limite recente para a idade da Terra, da Lua, ou do Sol, para refutar toda a extensão da Evolução. E existem várias comprovações! Lorde Kelvin apresentou duas provas da idade recente que realmente jamais foram falseadas. Lorde Kelvin censurou os geólogos evolucionistas pelo seu desconhecimento do fato de que podem ser estabelecidos limites para a idade da Terra a partir de conceitos físicos diretos. Existem hoje muito mais evidências de uma idade recente para a Terra, a Lua e o Sol, do que na época de Kelvin.

Dois atributos de uma prova válida são:

1) Fundamentação sobre teoria física segura;

2) Consistência com as evidências cientificas.

Não há falta de evidências cientificas a favor da comprovação de uma idade recente para a Terra, a Lua, e o Sol e alguns outros corpos astronômicos. Não faltam teorias científicas seguras sobre as quais fundamentar essa comprovação. O problema está nas tentativas dos evolucionistas (teístas e seculares) em dar falsa interpretação à teoria física, e em suprimir evidências.

A Estratégia Evolucionista Teísta de Van Till

Em um recente artigo, o evolucionista teísta Howard J. Van Till, professor de Física e Astronomia no *Calvin College*, em Grand Rapids, Michigan, desafia as evidências científicas e o apoio teórico que favorecem uma criação recente. Seu artigo intitula-se *The legend of the shrinking sun: A case study com-*

paring professional science and creation-science in action ("A lenda do Sol em contração: um estudo de caso comparando a ciência tradicional com a ciência da criação em ação"). [Esse artigo foi publicado originalmente no *Journal of the American Scientific Affiliation* 38(3):164-74, setembro de 1986].

Sua estratégia é a seguinte:

1. Ataque à credibilidade de todos os cientistas criacionistas, ou seja, a abordagem "*ad hominem*".
2. Concentração em um caso referente à idade recente julgado mais vulnerável.
3. Citação de uma multiplicidade de artigos com pontos de vista contrários, para dar a aparência de neutralizar as evidências.
4. Alegação de que isso demonstra a falta de credibilidade de todas as evidências a favor da idade recente.
5. Encobrimento do fato de que ele mesmo nunca apresentou evidências a favor da posição dos bilhões de anos de idade por ele defendida.

Pode-se descartar seu ataque "*ad hominem*" contra a credibilidade dos cientistas criacionistas. Os oito cientistas criacionistas que ele ataca, têm todas as credenciais profissionais iguais ou superiores às dele mesmo.

Van Till faz objeções aos cientistas criacionistas por levantarem tantos casos a favor de uma idade recente, e classifica-os como não-profissionais que meramente apresentam listas de argumentos a favor da idade recente, sem o adequado apoio científico. No entanto o próprio Van Till recorre à apresentação de uma lista com uma multidão de artigos, omitindo dela os artigos que não apoiam a sua posição.

Artigos que Van Till não cita

Dois dentre os artigos que Van Till não cita são os seguintes:

1) O artigo de John A. Eddy, evolucionista;
2) O artigo de Robert V. Gentry, criacionista.

Ambos foram apresentados em 13 de abril de 1978 no Simpósio sobre Geocronologia realizado em Baton Rouge, na *Louisiana State University* (Kazmann, 1978, pp. 18-20). Esse Simpósio tratou especificamente das evidências a favor de uma idade mais recente em contraposição às evidências a favor de uma idade de 4,5 bilhões de anos.

Van Till escolheu considerar isoladamente, dentre as demais evidências, aquelas a favor do Sol em contração. Entretanto, o artigo de Eddy trata exatamente dessas evidências. Por que Van Till omitiu esse artigo? Poderiam existir duas razões: o artigo provê não só evidências a favor de um Sol recente em contração, mas provê outras evidências teóricas e observacionais de um Sol recente. No mesmo Simpósio (Kazman, 1979) o artigo de Gentry trazia apoio adicional a favor de uma criação recente. A combinação dos artigos de Gentry e de Eddy indica a ampla consistência da Ciência em conexão com os pressupostos criacionistas, evidenciando a criação e uma idade recente.

O artigo de Eddy no Simpósio de 1978

Segue-se a citação do relato da revista *Geotimes* sobre o artigo de Eddy (Kazmann, 1978):

> *Não há evidências, baseadas somente nas observações do Sol, de que ele tenha 4,5 a 5.10⁹ anos. A Astronomia, como ciência observacional, nada pode dizer sobre cronologia que se estenda a 4,7.10⁹ anos. A Astronomia teórica declara que no passado distante o Sol deveria ter sido mais frio, irradiando menos. Esse é o problema da estrela "tênue". Entretanto, os modelos climáticos afirmam que, com 1% a menos na radiação solar, resultaria uma pequena idade glacial. Se o Sol fosse 15 a 20% menos brilhante, o gelo teria recoberto a Terra. ... A solução desse mistério é uma tarefa para o futuro.*

A pesquisa relatada no artigo que Eddy apresentou ao Simpósio baseou-se no tempo que o diâmetro solar leva para cruzar o meridiano, medido no *Royal Greenwich Observatory*. As medidas indicaram que o tempo de trânsito está diminuindo. Como a velocidade orbital do Sol não está aumentando, o diâmetro solar deve estar diminuindo - um Sol em contração!

As medidas incluíram mais de cem anos de observações. Todos concordam que um Sol em contração implica um Sol recente.

O debate é sobre se o Sol está ou não se contraindo. As pesquisas de Eddy mostram que sim. No mesmo Simpósio, Gentry ocasiona um outro impacto sobre as hipóteses evolucionistas.

Dois artigos de Gentry

Um artigo de Gentry apresenta evidências radiométricas da criação do embasamento granítico terrestre em um intervalo de tempo menor do que um dia. Segue-se a transcrição do relato apresentado na revista *Geotimes* sobre o artigo de Gentry:

> *Os halos do Polônio-218 estão no centro de um mistério. A meia vida do isótopo é de somente 3 minutos. Entretanto, os halos têm sido achados em rochas graníticas a considerável profundidade abaixo do solo, e em todas as partes do mundo. A dificuldade surge da observação de que não existe precursor identificável para o Polônio; ele parece ser Polônio primordial. Se assim for, como as rochas circundantes se cristalizaram rapidamente a ponto de existirem cristais prontos para receberem a impressão dos radio-halos produzidos pelas partículas alfa provenientes do Polônio-218?*

Van Till excluiu não só este artigo, mas também outro ligado ao mesmo assunto, de autoria de Gentry, que apoia tanto a criação quanto a idade recente da Terra. Foi ele publicado no *Annual Review of Nuclear Science* (1973), volume 23. Segue-se a transcrição de trecho desse artigo (p. 24):

> *A simples evidência dos halos é que as rochas do embasamento terrestre foram formadas no estado sólido. Pode-se mostrar que os halos em outros minerais apresentam igualmente impressionantes evidências a favor de uma Terra recente.*

Van Till ataca o artigo de Eddy - Boornazian de 1979

Van Till tenta desacreditar os dados e a análise apresentados em 1979 no artigo escrito pelo astrônomo John A. Eddy em co-autoria com o matemático Aram Boornazian, intitulado *Secular Decrease in the Solar Diameter 1836-1953*. Seu artigo baseia-se nos dados do tempo de trânsito solar no meridiano do *Royal Greenwich Observatory*. A conclusão é a mesma que a do artigo de Eddy apresentado no Simpósio, isto é, que o diâmetro solar está diminuindo dois segundos de arco por século. Isso significa uma contração de 1,5 metro por hora. Tanto quanto refletem os dados, essa contração é um fenômeno secular, um processo contínuo. Um evolucionista teísta, tal como Van Till, não tem como conviver com os dados de Eddy e Boornazian, que provêm evidências científicas para um limite de idade de milhares de anos, e não de bilhões, para o Sol.

Evidências cientificas como estas, destroem completamente a Teoria da Evolução. Não admira que os evolucionistas (teístas e seculares) se ponham em luta contra essas evidências. Não podendo repetir as medidas que foram feitas no decorrer dos últimos cem anos ou pouco mais, na realidade tentam reinterpretá-las.

Os pesquisadores pioneiros Eddy e Boornazian foram cuidadosos para não fazer ajustes baseados em seu próprio julgamento. Tomaram os dados como eles são. Como evolucionista que é, Eddy pressupôs que a contração pudesse ser temporária, mas não reconhece evidências que apoiem essa conjectura. Ele permaneceu com os seus dados e teve a integridade de afirmar:

> *Entretanto ... suspeito que poderíamos conviver com o valor dado pelo arcebispo Ussher para a idade da Terra e do Sol. Não creio que temos muito no caminho das evidências observacionais na astronomia que conflite com isso. (Kazman, 1978).*

Eddy estava a par da observação de um eclipse solar que, por mais de 400 anos, apoiou a contração do Sol. Trata-se do eclipse de 1567 (Lubkin, 1979, p. 17). O disco solar era suficientemente grande para não ser ocultado completamente pela Lua. É o que se conhece como eclipse anular, no qual uma porção anular do Sol permanece visível. Nenhum registro de eclipse com uma tão grande porção anular foi feito desde 1567, o que constitui uma evidência visual de que o Sol era maior em 1567.

Transparece o viés de Van Till

A citação seguinte ilustra a disposição mental de Van Till, sua fé inquestionável no esquema evolucionista de longas eras.

> *Entretanto, uma verdadeira contração secular, isto é, um*

decréscimo permanente do tamanho ao longo de um grande período de tempo indefinido, estaria em desacordo com os modelos contemporâneos do comportamento solar, e inconsistente com as evidências geológicas (p. 166).

Para manter essa sua fé, Van Till tem de refutar os dados e a análise de Eddy e Boornazian. Por isso ele faz a pergunta: "*Onde erraram Eddy e Boomazian?*" Então ele passa um pente fino nos dados do *Royal Greenwich Observatory*, um dos mais notáveis observatórios do mundo, mas sem prover nada de valor quantitativo:

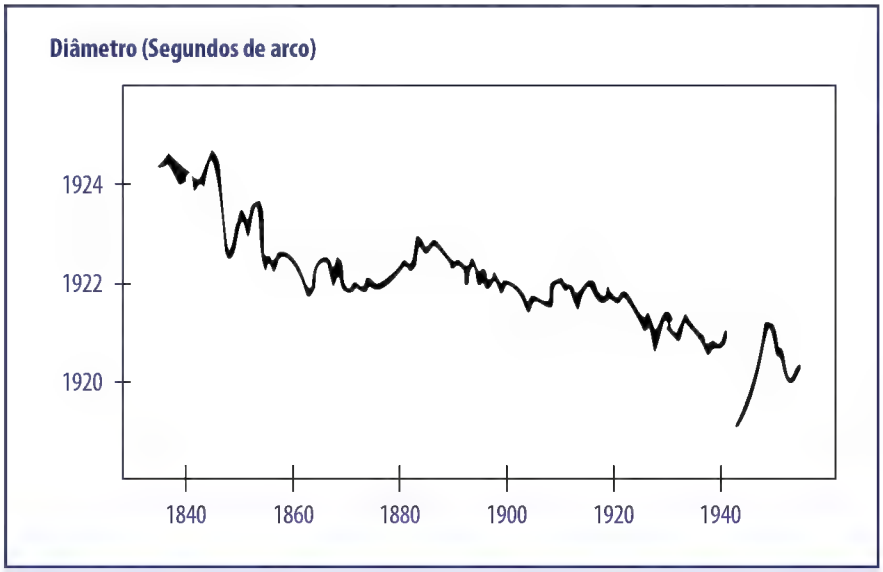
Parece que os dados de Greenwich contêm erros sistemáticos ... houve mudanças tanto na metodologia quanto na instrumentação empregada para a obtenção dos dados de Greenwich ... juntamente com variações significativas na habilidade dos observadores e na qualidade das condições de observação. ... Os dados sobre os quais Eddy e Boomazian basearam suas conclusões estavam infestados de vícios sutis. (p. 168).

Esses vícios alegados devem ter sido realmente sutis. Dificilmente poderia alguém detectá-los na curva dos dados originais, adaptada do artigo de Gloria B. Lubkin na revista "*Physics Today*" (1979).

Van Till cita artigos que supostamente provam que o Sol não está se encolhendo, mas para isso não adota os mesmos critérios que usou para criticar os resultados de Eddy e Boornazian. Ele não passa "um pente fino" nos dados e nem menciona dificuldades, tais como:

1) intervalos das observações de cem anos ou mais;
2) mudanças da metodologia e da instrumentação;
3) variação na habilidade dos observadores e na qualidade das condições de observação.

A despeito deste seu tratamento especial dado àqueles artigos, quase todos os autores reconhecem ou "permitem" algum decréscimo no tamanho do Sol. Aquelas taxas de contração reconhecidas, ou relutantemente "permitidas" levam a uma idade muito curta para a Evolução. Um encolhimento contínuo, mesmo a uma taxa muitíssimo menor do que os 2 segundos de arco por século destrói a sua hipótese de bilhões de anos.



A curva de dados apresentada por Van Till em seu artigo, adaptada da que foi apresentada por Gloria B. Lubkin na revista *"Physics Today"* indica a variação do diâmetro leste-oeste do Sol de 1836 a 1953, conforme determinação de Eddy a partir de dados do *Royal Greenwich Observatory* (VAN TILL, H. J. "The Legend of the Shrinking Sun". *Journal of the American Scientific Affiliation*, vol. 38, nº 3, Setembro 19-86, p. 166). Essa curva apoia a credibilidade de análise de Eddy e Boornazian e apresenta só uma descontinuidade, o que não altera a sua tendência geral.

Artigos citados por Van Till

- *S. Sofia, J. O'Keefe, J. R. Lesk e A. S. Endel (1979, p. 1306) publicaram um artigo na revista 'Science' que exprimiu a opinião de que, com base nos dados disponíveis (a maioria deles provenientes das observações do trânsito meridiano), o diâmetro angular do Sol não diminuiria mais do que 0,5 segundos de arco entre 1850 e 1937.*

Isso não ajuda nada a Van Till, pois a taxa de encolhimento leva a um limite para a idade do Sol, da ordem de milhares de anos.

- *Irwin Shapiro (1980, p. 51) publicou sua análise dos trânsitos de Mercúrio na frente do Sol desde 1736 até 1973. Shapiro concluiu que não pôde ser detectada nenhuma alteração significativa do diâmetro solar, e que a taxa máxima de encolhimento permitida pelos dados era de 0,3 segundos de arco por século, cerca de um sétimo do valor de Eddy e Boomazian.*

Ele junta um gráfico com grandes barras indicando os intervalos de erro, que não parece tão definitivo quanto o gráfico de Lubkin. Entretanto, mais uma vez, os evo-

lucionistas não podem conviver com um Sol que se encolhe 0,3 segundos de arco por século.

- *Semelhantemente, D. W. Dunham et alia (1980, p. 1243) analisaram dados de eclipses solares e concluíram que entre 1715 e 1979 o diâmetro solar pode ter diminuído, mas só 0,7 segundos de arco, equivalente a cerca de 0,25 segundos de arco por século.*

Isso equivale à cerca de um oitavo do valor obtido por Eddy e Boomazian, ainda uma taxa de contração suficientemente alta para limitar a idade do Sol à ordem de milhares de anos.

- *J. H. Parkinson, Leslie V. Morrison e F, Stephenson efetuaram uma "reavaliação" e concluíram que as tendências dos dados de Greenwich relatados por Eddy e Boornazian são "resultado de defeitos instrumentais e observacionais muito mais do que alterações reais". Eles declararam que, "em seu juízo, não foi detectável nenhuma alteração secular ao longo dos últimos 250 anos, mas sim foi indicada uma alteração cíclica com a periodicidade de 80 anos".*

Essa "reavaliação" constitui uma tentativa óbvia de "realinhar" os dados de Eddy e Bornazian para uma condição de não encolhimento. A conclusão de que o encolhimento é "*mais o resultado de defeitos instrumentais e observacionais do que de uma alteração real*" parece ser mais arbitrária do que objetiva. Salva-se, até certo ponto, a frase "*em seu juízo*", que foi incluída para mostrar que houve um juízo envolvido.

- *R. L. Gilliland (1981, p. 1144) confirmou a presença de uma variação periódica de 76 anos no diâmetro do Sol, mas sugeriu que os dados revelam um encolhimento de longo termo bastante pequeno, à razão de 0,1 segundos de arco por século durante os últimos 265 anos.*

Essa taxa ainda leva a um limite bastante aquém de qualquer valor que os evolucionistas aceitariam. Uma coisa é clara: a preponderância das evidências indica um Sol em contração.

De quem foi o juízo que descartou os dados do eclipse solar de 1567? Esta evidência voltou à consideração cerca de 150 anos depois, provendo confirmação visual de um Sol com maiores dimensões, mediante a visualização de apreciável anel luminoso.

A causa do Sol em contração ainda está em pé. O único argumento que realmente tem valor é a certeza de uma taxa de encolhimento. É este um importante assunto digno de ser pesquisado. A taxa indicada por Eddy e Boornazian pode ser muito rápida - muitíssima energia térmica resultante diretamente da transformação da energia potencial. Uma taxa algo menor pode prover a taxa de produção de energia térmica que seja consistente com a teoria da contração gravitacional.

Em dificuldades a teoria da fusão nuclear

O evolucionista se vê em dificuldades não somente por causa das evidências a favor de um Sol em encolhimento. Ele se vê em dificuldades com a teoria da produção de energia para o Sol. A teoria amplamente aceita da fusão nuclear como fonte de energia térmica para o Sol envolveu-se em sérias dificuldades na década de 1960. As famosas experiências de Raymond Davis mostraram que não existia a intensidade do fluxo de neutrinos que a teoria predizia.

Van Till (p. 168) reconhece o problema:

> *Durante os últimos anos foram efetuadas medidas para determinar a taxa em que os neutrinos, um sub-produto dessas reações de fusão, estão sendo recebidos na Terra. O surpreendente resultado foi que a taxa medida é de somente um terço da taxa esperada.*

A queda dessa teoria é devastadora para a Astronomia evolucionista. Ela tem sido a teoria básica para a evolução das estrelas, inclusive o Sol. Como se poderia esperar, os astrofísicos têm tentado elaborar outra teoria termonuclear para a evolução estelar.

Alguns têm alegado propriedades novas para o neutrino. Em vez do neutrino não ter massa em repouso, alega-se que teria. Há tentativas de fabricar uma teoria que se adapte ao menor fluxo de neutrinos, que ainda estão em fase de conjectura. O fato inegável é que a evolução estelar foi mantida à tona durante décadas mediante uma teoria invalidada.

A teoria da contração gravitacional

A teoria da contração gravitacional como fonte da energia solar foi a que prevaleceu até ter sido posta de lado pela teoria

(invalidada) da fusão nuclear. A teoria da contração gravitacional foi rejeitada não porque tivesse qualquer aspecto físico defeituoso, mas porque não provia os bilhões de anos de idade exigidos pelos evolucionistas.

Ela ainda permanece como uma teoria física válida, que não foi falseada.

Seu princípio básico é que a energia potencial perdida pela contração se transforma em calor. Havendo contração, essa transformação de energia ocorrerá, e será produzido calor. As evidências de um Sol em encolhimento até agora discutidas são evidências de uma contração gravitacional que gera calor no Sol.

Kelvin utilizou esta teoria em apoio a um limite para a idade recente do Sol. Com os dados mencionados neste artigo tem-se maior apoio para a produção de energia no Sol mediante a contração gravitacional. Mesmo que a taxa de encolhimento do Sol fosse somente um décimo do valor proposto por Eddy e Boornazian, a energia de contração gravitacional seria mais do que suficiente para produzir toda a luminosidade solar. (Steidl, 1980, p. 64).

As assertivas de Van Till

As assertivas de Van Till pintam os cientistas criacionistas como

1) Meramente elaboradores de listas de "*evidências cientificas*" levantadas por outros quanto à recente idade da Terra, sem pesquisa alguma de sua própria lavra;
2) Biblicamente simplórios, aceitando literalmente o relato da Criação;
3) Destruidores da credibilidade do testemunho cristão.

Seguem-se algumas amostras das assertivas de Van Till (pp. 164-5):

1) Advogados da hipótese de uma Terra recente frequentemente publicam extensas listas de "evidências cientificas" que alegam proverem apoio observacional para o seu cenário de uma criação recente.
2) *De acordo com os defensores de uma Terra recente, o Universo deve ter sido criado sob uma forma madura e plenamente em funcionamento, por um fiat divino.*
3) *Devemos nos precaver contra seu persuasivo impacto sobre a comunidade cristã e contra seu efeito negativo sobre o testemunho cristão perante um mundo culto e inteligente.*

Somente uma dessas assertivas está correta. Realmente cremos no relato bíblico da criação de um Universo maduro e funcionando plenamente. Não somos apanhados no dilema de tentar adaptar as Escrituras à falsa ciência da evolução.

O artigo publicado em *"Christianity Today"*

Van Till preocupou-se particularmente com o artigo do autor publicado em "*Christianity Today*" (Barnes, 1982, pp 34-6), que foi um dos quatro artigos sobre o debate em torno das origens: dois apoiando a posição da Ciência com pressupostos criacionistas - Duane Gish e Thomas Barnes - e dois apoiando a posição da Evolução teísta, de prolongadas eras - Davis A. Young, do *Calvin College*, e V. Elving Anderson (pp. 28-45).

Van Till (p. 170): afirma que "*Thomas Barnes apresenta uma lista de seis evidências a favor de uma criação recente*". Dentre elas, Van Till tenta enfrentar somente uma, a evidência do encolhimento do Sol. Como são tão fracos os seus argumentos contra o encolhimento do Sol, fica-se a pensar porque não enfrentou ele as outras cinco evidências.

Uma dessas outras cinco evidências são as que Robert Gentry encontrou na Radiometria, a favor de uma criação rápida, que já foi discutida. Como Van Till considera simplório crer na criação pelo fiat divino, fica-se a pensar que um cientista com o seu gabarito deveria levantar-se e desafiar as evidências que Gentry apresenta nos rádio-halos. Seria de fato uma grande tarefa, já que Gentry é o melhor cientista do mundo nesse campo.

Uma outra dessas evidências a favor de uma criação recente que Van Till decidiu ignorar é a pequena profundidade da poeira acumulada na Lua. Antes das alunissagens das cápsulas do projeto Apolo, os cientistas evolucionistas tinham destacado à NASA a preocupação que se deveria ter

com a profunda camada de poeira sobre a superfície lunar. Foram até instalados "*sapatos para areia*" no módulo lunar. Os consultores evolucionistas prediziam a existência de grandes profundidades de poeira sobre a Lua, com a possibilidade do fenômeno das areias movediças. O astrônomo Thomas Gold (1985, p. 70) predisse que o módulo que iria alunissar encontraria uma camada de 1,5 quilômetros de espessura.

A taxa de influxo de poeira cósmica era conhecida dentro de limites razoáveis de precisão. Se a Lua tivesse realmente 4,5 bilhões de anos, a profundidade da poeira seria grande e constituiria um risco real para os astronautas da missão Apolo. Está claro hoje, entretanto, que existem somente alguns milhares de anos de poeira depositada sobre a superfície da Lua.

Uma medida da credibilidade de uma teoria científica é quão bem ela prediz. Deixa de existir credibilidade quando se tenta justificar suas falhas, mesmo por aqueles que são "*treinados em ciência*".

Evidências magnéticas a favor de uma Terra recente

Outra daquelas evidências de uma criação recente que Van Till decidiu ignorar é a evidência magnética.

Contrariamente às assertivas de Van Till de que os cientistas criacionistas somente compilam evidências de outros e não se mantêm atualizados com a literatura, foi ele quem não se atualizou. Oito publicações de pesquisas deste autor, de 1971 a 1986, são sobre as evidências magnéticas de uma taxa recente (Barnes, 1971, pp. 24-9; 1972, 50; 1973, p. 222-30; 1975, pp. 11-3; 1977, pp. 41-6; 1981, pp. 39-41; 1983; 1986, pp. 30-3).

Todas as avaliações históricas do momento de dipolo magnético, a única medida válida do estado do magneto básico da Terra, indicam um decaimento monotônico. A meia-vida de seu campo magnético é de 1400 anos, e da energia de seu campo magnético, 700 anos. Não há maneira pela qual se possa atribuir ao magneto básico da Terra mais do que alguns poucos milhares de anos.

O processo de decaimento é precisamente o que se poderia esperar da solução eletromagnética do problema. Deve-se começar com um postulado inicial. O único postulado inicial razoável para uma teoria científica consistente, para aquele sistema em decaimento, é um eletromagneto em pleno funcionamento. A criação por um fiat divino é o único postulado que faz sentido. Uma coisa é certa: os evolucionistas não têm postulado inicial justificável nem teoria fisicamente válida para embasar qualquer de seus postulados. Teria Van Till alguma que pudesse oferecer?

Novas Pesquisas

Novas pesquisas estão continuamente trazendo evidências adicionais da consistência da Criação pelo fiat divino e a favor da posição da idade recente do Universo, na Ciência. Não obstante a manifestação cáustica de Van Till, não se deveria omitir uma lista de publicações dessas pesquisas.

Uma nova abordagem das idades astronômicas está sendo desenvolvida pelo Dr. Harold S. Slusher. As primeiras três publicações sobre as pesquisas do Dr. Slusher encontram-se na forma de curtas monografias técnicas intituladas "*Tutorial Papers*". São elas:

1 - "*The Stars - Their Birth*" (1986 a).
2 - "*Star Birth in the Milky Way: One Aspect*" (1986 b).
3 - "*The Protoplanet Hypothesis and Tidal Instability in the Solar System*" (1978).

Elas provêm forte apoio a favor de idades idênticas para as estrelas da Via Láctea, e limites de idade recentes para certos corpos astronômicos.

Numerosas teses de mestrado em Ciências têm promovido evidências adicionais a favor da idade recente. Existem muitas para serem todas listadas aqui, mas o novo livro de Stanley Rasmussen intitulado *Geologic Age of River Deltas* (1987), que apresenta fortes evidências a favor de uma idade bastante recente, contém um acompanhamento dessas teses e suas pesquisas.

O ponto importante a ser destacado é que os cientistas criacionistas são produtivos. Não é a omissão de sua citação pelos evolucionistas que irá parar o seu progresso. Eles não enfrentam dilemas. Sua ciência está fundada sobre firmes fundamentos e o postulado sensato de uma origem criada, sim, de um Universo maduro e em funcionamento.

Referências

(1) Anderson, V. Elving, Thomas Barnes, Duane Gish e Davis A. Young, 1982. In the beginning. *Christianity Today* XXVI(16): 28-45.

(2) Barnes, Thomas G. 1971. Decay of the Earth's magnetic moment and the geological implications. *Creation Research Society Quarterly* 8:24-29.

(3) 1972. Young age vs. geologic age for the Earth's magnetic field. *Creation Research Society Quarterly*. 9:47-50.

(4) 1973. Eletromagnetics of the Earth's field and evaluation of electric conductivity, current, and joule heating in the Earth's core. *Creation Research Society Quarterly* 9:222-230.

(5) 1974. Physics: a challenge to "Geologic Time". *Impact Nº 16. Institute for Creation Research.* El Cajon, CA.

(6) 1975. Earth's magnetic energy provides confirmation of its young age. *Creation Research Society Quarterly* 12:11-12.

(7) 1977. Recent origin and decay of the Earth's magnetic field. *Journal of Society of Interdisciplinary Studies* II (2):41-46.

(8) 1981. Satellite observations confirm the decline of the Earth's magnetic field. *Creation Research Society Quarterly*. 18:39-41.

(9) 1982. Evidence points to a recent creation. *Christianity Today* XXVI (16)34-36.

(10) 1983. Origin and destiny of the Earth's magnetic field (second edition) *Institute for Creation Research,* El Cajon, CA.

(11) 1980. Earth's young magnetic age confirmed. *Creation Research Society Quarterly* 23:30-3.

(12) Dunham, D. W., S. Sofia, A. D. Fiala, D. Herald e P. M. Muller. 1980. Observations of a probable change in the solar radius between 1715 and 1979 *Science* 210:1243. (*)

(13) Eddy, J. A. e A. A. Boomazian. 1979. Secular decrease in the solar diameter, 1936-1953. *Bulletin of the American Astronomical Society* 11:437.

(14) Gilliland, R. I. 1981. Solar radius variations over the past 264 years. *Astrophysics Journal* 248:1144. (*)

(15) Gold, Thomas. 1985. A theory as gold. *Science* 126:70.

(16) Kazmann, Raphael G. 1978. It's about time: 4,5 billion years. *Geotimes* 23(9):18-20.

(17) Lubkin, Gloria B. 1979. Analyses of historical data suggest Sun is shrinking. *Physics Today* 32(9):17.

(18) Parkinson, J. H., L. V. Morrison e F. R. Stephenson. 1980. The constancy of the solar diameter over the past 250 years. *Astrophysics .Journal* 248:548. (*)

(19) Rasmussen, Stanley A. 1987. Geologic age of river deltas. *Geo/Space Research Foundation.* El Paso.

(20) Shapiro, Irwin I. 1980. Is the sun shrinking? *Science*. 208:51. (*)

(21) Slusher, Harold S. 1986a. The stars - their birth. Tutorial Paper Nº. 2. *Geo/Space Research Foundation.* El Paso.

(22) Slusher, Harold S. 1986b. Star birth in the Milky Way: one aspect. Tutorial Paper Nº. 4. Geo/ Space Research Foundation. El Paso.

(23) Slusher, Harold S. 1987. The protoplanet hypothesis and tidal instability in the solar system. Tutorial Paper Nº. 6. *Geo/Space Research Foundation*. El Paso.

(24) Sofia, S., J. O'Keefe, J. R. Leash e A. S. Endal. 1979. Solar constant constraints on variations derived from diameter measurements. *Science* 204:1306. (*)

(25) Steidl, Paul M. 1980. Solar neutrinos and young age. *Creation Research Society Quarterly* 17:64.

(26) Van Till, Howard. 1986. The legend of the shrinking Sun: a case study comparing professional science and "creation science" in action. *Journal of the American Scientific Affiliation.* 38(3): 174.

(*) As referências marcadas com asteriscos são citadas por Van Till.

Eclipse Anular do Sol observado em 1º de setembro de 2016

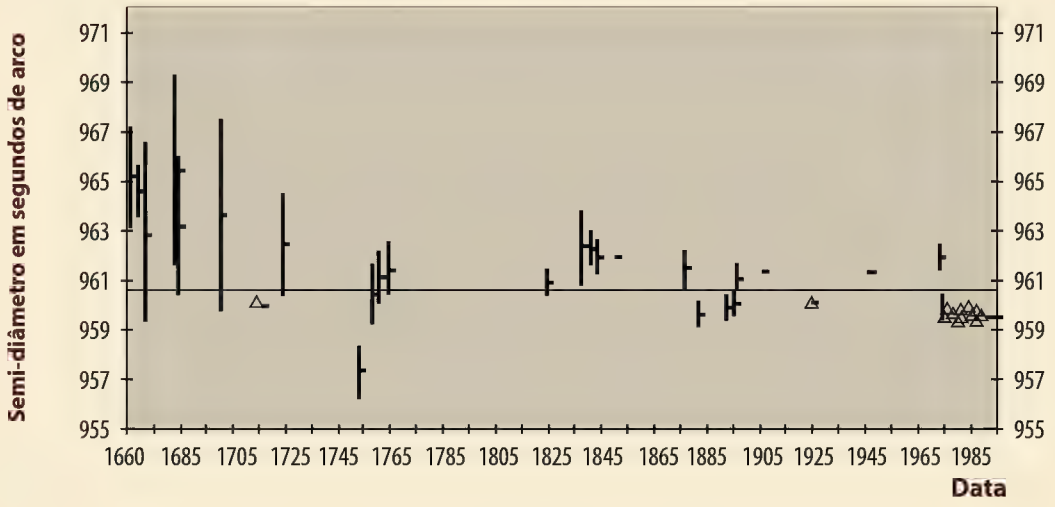
VARIAÇÕES DO DIÂMETRO SOLAR

(Este Quadro foi inserido na reedição deste número da Folha Criacionista)

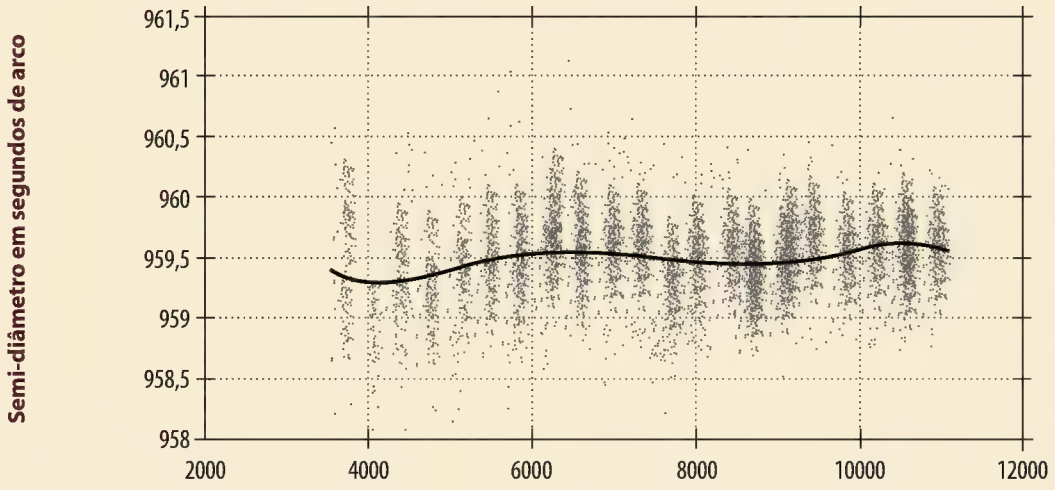
A título de ilustração, apresentam-se a seguir algumas figuras inseridas no artigo "On the relation between total irradiance and radius variations", de J. Pap [1], J. P. Rozelot [2], S. Godier [2] e F. Varadi [3] publicado sobre o assunto relativo à variação do diâmetro solar na revista *Astronomy / Astrophysics*, volume 372, nº 3, junho de 2001.

1 - Department of Physics and Astronomy, University of California, Los Angeles, USA.
2 - OCA/CERGA, France.
3 - UCLA, Department of Physics, Los Angeles, USA.

Variações observadas no semi-diâmetro solar



Médias diárias do semi-diâmetro



Independentemente das conclusões a serem tiradas a partir desses dados, não deixa de ser admirável o fato de que os métodos usados para a sua medida permitam detectar variações de ordem tão extremamente pequenas!

Notícias

E mais

- E O SOL ESTÁ TOCANDO COMO UM GRANDE SINO
- COMPORTAMENTO NÃO UNIFORME DO SOL
- SOL SE ENCOLHENDO?
- A TEMPERATURA SUPERFICIAL DO SOL E AS VARIAÇÕES DA CONSTANTE SOLAR
- INVERNO NUCLEAR, O SOL E O CLIMA TERRESTRE
- CARBONO - 14 ATMOSFÉRICO E AS OSCILAÇÕES SOLARES DE ESCALA SECULAR

E O SOL ESTÁ TOCANDO COMO UM GRANDE SINO

O matutino paulista "O Estado de S. Paulo" de 20 de setembro de 1981 inseriu notícias sobre a origem do Universo, tratando da nave "Voyager II", do ônibus espacial Columbia, e de tópicos relacionados com o nosso Sol.

Transcreve-se a seguir o texto da notícia sobre o Sol, que nos faz lembrar da "harmonia das esferas" de Kepler, e mais ainda, do notável Salmo 19 onde o Sol é apresentado no contexto dos céus que proclamam a glória de Deus, como um noivo que se regozija como um herói a percorrer o seu caminho.

Lembramo-nos, a propósito, da harmonização do Salmo 19 procedida por Beethoven no seu "Die Ehere Gottes", opus 48 Nº 4, bem como do texto de Schiller incorporado no quarto movimento da Nova Sinfonia, que faz menção à marcha do herói para a vitória...

"Os astrônomos descobriram que o Sol está tocando como um sino, ecoando de uma forma que permite aos cientistas da Comunidade de Pesquisa Solar, perto de Alamogordo, explorar pela primeira vez o interior dessa enigmática estrela.

Através das análises desses ecos, alguns teóricos afirmam que a camada interna do Sol está fazendo um movimento de rotação mais rápido que o da superfície, levando com ele manchas solares. Parece também que a zona interna do movimento convectivo, ou turbilhão de impulso térmico, tem profundidade bem maior do que anteriormente se acreditava, chegando a um terço do caminho até o centro do Sol.

Essas descobertas e deduções trouxeram a esperança de que observações mais detalhadas mostrarão por que o Sol se comporta de forma caracteristicamente cíclica. Isso poderia explicar os longos intervalos nas atividades das manchas solares que, no passado, coincidiram com o forte esfriamento do clima da Terra.

Dois observatórios, um nos Estados Unidos e outro no Polo Sul, são particularmente apropriados à observação das oscilações solares. Resultados ainda mais concretos são esperados do

telescópio óptico solar, que será colocado em órbita pela nave espacial "Columbia", em 1985.

O telescópio básico instalado em Sacramento Peak, nos Estados Unidos, é um instrumento de 250 toneladas que flutua em mercúrio e funciona no vácuo, eliminando a turbulência gerada pelo calor solar no interior de outros telescópios. Ele fornece imagens solares bem mais detalhadas do que qualquer outro instrumento na Terra.

A localização no Polo Sul permite observar o Sol durante 24 horas por dia durante um período prolongado - uma grande vantagem quando se procura estudar as oscilações rítmicas da superfície solar.

Recentemente, o Dr. Martin Pomerantz, da *Bartol Research Foundation* do *Franklin Institute*, em Newark, Delaware, voltou da França com os resultados das últimas observações feitas no Polo em colaboração com os Drs. Gerard Grec e Eric Fossat, do Observatório de Nice.

Cerca de 80 matizes do Sol, esse "grande instrumento musical" foram identificados, ele disse. Os ecos não podem ser normalmente ouvidos da Terra, pois o som não atravessa o vácuo do espaço.

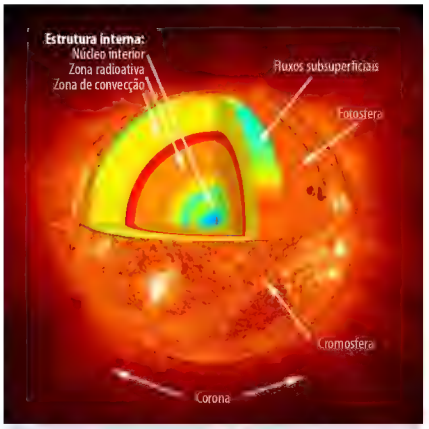
As observações ópticas concentraram-se nas oscilações com uma frequência próxima de cinco minutos, as mais comuns e claramente observadas. Elas se ajustam tão bem àquelas previstas pelas teorias atuais da composição do Sol que não serão necessárias mudanças teóricas "muito exóticas".

Acredita-se que as oscilações observadas sejam ondas acústicas que circulam - para cima, para baixo e em volta do Sol, dentro de sua zona convectiva - como ondas sonoras ecoando num auditório gigante. O padrão dessas ondas parece mudar de tal forma que isso pode significar que a profundidade dessa zona, o tamanho do "auditório", muda durante os ciclos solares.

O ciclo mais evidente se refere às manchas solares, e o maior número ocorre aproximadamente a cada 11 anos. As manchas, "nós" magnéticos onde a superfície é mais fria e menos luminosa, tendem a aparecer em pares, uma seguindo a outra enquanto se movimentam com a rotação do Sol.

Durante um ciclo, todas as manchas-líderes de um hemisfério são magneticamente positivas, enquanto seus pares, seguindo atrás, são negativos. No hemisfério oposto, a mancha-líder é negativa. Ao final do ciclo de 11 anos, as polaridades das manchas em ambos os hemisférios são alternadas. Apenas depois de 22 anos, portanto, o Sol volta a seu ponto de partida magnético. A explicação para esse comportamento deve ser procurada dentro do Sol, provavelmente no interior de sua zona convectiva. Acredita-se que essa região central não possua essa rápida mudança de fluxo.

A convecção ocorre como o movimento de um êmbolo, no qual as células sobem à superfície como nuvens preparando-se rapidamente para uma tempestade: depois elas se acalmam. Vistas através de um telescópio, a parte superior se assemelha a grãos de arroz em constante mutação ou "granulações", cada uma com cerca de 500 quilômetros de largura.



Esquema ilustrativo indicando a zona convectiva no interior do Sol

O Telescópio do Polo Sul é um telescópio de 10 metros de diâmetro localizado na estação Amundsen–Scott, na Antártida.

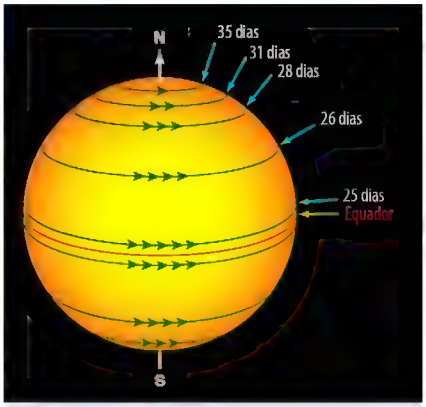
Quando o Dr. Robert B. Leighton, do "Instituto de Tecnologia da Califórnia", detectou pela primeira vez as oscilações de cinco minutos da superfície solar, no início dos anos 60, ele as identificou com esses êmbolos, percebendo mais tarde que eles envolviam áreas bem maiores.

Entretanto, suspeita-se que esse movimento de êmbolo ajude a gerar os campos magnéticos e os ecos observados. Acredita-se que o outro fator seja a rotação diferencial do Sol, tanto a diferentes latitudes na superfície, quanto a diferentes profundidades no interior. Há muito se sabe que a região equatorial do Sol completa sua rotação mensal mais rapidamente que as latitudes mais altas, o que também é uma característica do planeta Júpiter.

A análise das observações feitas até aqui permite aos astrônomos acreditar que uma profundidade de cerca de quatro mil quilômetros de material solar esteja fazendo um movimento de rotação mais rápido do que na superfície visível, ou fotosfera. Abaixo dessa camada, a velocidade parece diminuir novamente. Anteriormente, observava-se que as manchas solares tendiam a circundar o Sol numa velocidade cerca de um dia maior que a da fotosfera.

Existe, porém, quem duvide da ideia de que a camada mais baixa circunda o Sol a uma velocidade maior que a da superfície, já que as teorias para explicar diferenças de latitude na rotação da superfície exigem que o interior se mova mais lentamente. As oscilações de cinco minutos - argumentam alguns cientistas - podem ser a expressão de ondas acústicas captadas numa região de ressonância abaixo da fotosfera, com um padrão, já confirmado, de vibrações na superfície semelhantes às da superfície de um tambor.

Os astrônomos acreditam que seria possível construir um "modelo quantitativo tridimensional da rotação solar" que ajudasse a explicar os ciclos solares. Suas observações, feitas através do exame minucioso dos movimentos para dentro e para fora ao longo do equador solar, precisam estender-se a outras latitudes, para que se tenha um panorama completo. É óbvio o grande potencial de observações semelhantes feitas de aeronaves, no futuro próximo, com uma qualidade mais uniforme de dados e maior cobertura dos longos intervalos. A expectativa quanto a essas futuras observações é muito grande.



Variação da rotação nas várias latitudes do disco solar

Um considerável avanço na compreensão das propriedades do interior da Terra veio com o enorme terremoto no Chile em 1960, que jogava a Terra em livre oscilação, como o tocar de um sino. Os cientistas acreditam que as atuais observações do Sol tenham um papel semelhante.

As pulsações do Sol são inferidas de observações feitas em lugares onde as raias de espectro luminoso bem definidas vêm de todo o Sol ou de partes limitadas de sua superfície. Como o Sol "respira" para dentro e para fora, o comprimento de onda dessas raias oscila para trás e para frente. Isso é o chamado efeito Doppler, que altera o tom de um assobio à medida que se aproxima ou se afasta do observador.

Outra forma de estudo consiste no exame minucioso da borda do Sol para se verificar se ela incha e murcha ritmadamente. Em 1975, tais oscilações foram relatadas por Henry Hill, que realizava observações no Mount Lemmon, perto de Tucson, no Arizona, para saber se o Sol era achatado nos polos pela rápida rotação interna. Ele observou oscilações em períodos que variaram de 10 a 48 minutos. No ano seguinte, dois grupos - um do *Crimean Astrophysical Observatory*, da União Soviética, e outro inglês - constataram, observando do "Observatório do Pic Du Midi", na França, evidências espectroscópicas de oscilações bem mais lentas. O período era de cerca de 2 h 40 min.

Isso, observou o grupo Soviético, "parece provocar muita dificuldade teórica". A velocidade prevista das oscilações livres, ou o "soar" do Sol era de cerca de uma hora. Os russos, seguidos pelos astrônomos da *Stanford University*, registraram então uma oscilação de 160 minutos. Essas descobertas ainda causam controvérsias que poderão não ser resolvidas durante muito tempo. Observações ininterruptas são feitas do Polo Sul, onde durante o verão o Sol nunca se põe e as condições de visibilidade são ideais.

Durante o próximo verão antártico, coincidindo com o inverno no Norte, dois grupos irão observar o Sol daquela localidade, de acordo com Pomeranz.

Um deles irá pesquisar a borda solar em busca de sinais de pulsação. O outro fará as observações espectroscópicas de todo o Sol durante os próximos dois verões. Ao mesmo tempo, o grupo de Nice retornará às observações feitas em 1978-79, quando se obteve um período de observação ininterrupta de cinco dias, e mais cerca de dois dias, depois. Pomeranz espera que ondas mais prolongadas de "gravidade" sejam constatadas, trazendo informações sobre camadas do Sol mais profundas que aquelas alcançadas pelas ondas acústicas.

Durante os últimos 14 anos, Olin C. Wilson, do *Mount Wilson Observatory*, na Califórnia, e seus colegas observaram 91 estrelas semelhantes ao Sol para verificar se seus comportamentos cíclicos relacionavam-se com outras características que pudessem explicar os próprios ciclos do Sol. Quinze delas mostraram ciclos que variavam de sete anos ao limite de catorze do período de observação. Parece que as estrelas mais antigas deixam de ser cíclicas, como se o fator causador desaparecesse.

O COMPORTAMENTO NÃO UNIFORME DO SOL

John A. Eddy, astrônomo da equipe de Projetos Especiais do "High Altitude Observatory" do "National Center for Atmospheric Research" de Boulder, Colorado, U.S.A., publicou na revista "Science" de 18 de junho de 1976 um artigo intitulado "O Mínimo de Maunder", onde apresentou ampla análise histórica das observações das manchas solares, tratando do seu ciclo de aproximadamente 11 anos, e sobretudo do período prolongado em que elas deixaram de se manifestar ou se manifestaram com baixíssima frequência. Esse artigo demonstra o interesse de John A. Eddy sobre o assunto, que o levou a publicar, cerca de três anos depois, dando continuidade a seus estudos, outro artigo no qual propôs a tese de que o diâmetro do sol estaria diminuindo nos últimos dois séculos.

Transcrevemos a seguir a parte inicial do artigo de John (ou Jack, para os íntimos ...) A. Eddy publicado na revista "Science", que deixa bem claro a impossibilidade de analisar o comportamento de nosso astro-rei mediante as hipóteses uniformistas, como tão frequentemente se faz dentro da conceituação evolucionista.

De longa data se tem pensado que o Sol é um astro constante, com comportamento regular e repetitivo. Medidas de sua irradiação de energia, ou a chamada "constante solar", parecem justificar a primeira suposição, e o registro da periodicidade do número das manchas solares é considerado como evidência da segunda suposição. Entretanto, os dados utilizados para confirmar essas suposições constituem apenas uma amostragem da história mais recente do Sol.

Ao examinarmos registros de maior amplitude - dos últimos mil anos, aproximadamente - achamos indicações de que o Sol pode ter sofrido mudanças de comportamento significativas, com possíveis efeitos sobre a Terra. As evidências de alterações solares no passado mais distante são em grande parte de natureza indireta, e deveriam ser submetidas a um exame bastante critico. Um dos fatores que mais facilmente se presta a tal exame, crucial para a questão básica da constância ou inconstância no passado, é o longo período desde fins do século 17 até início do século 18, em que quase nenhuma mancha solar foi verificada, conforme vários relatos existentes. Esse período, aproximadamente de 1645 a 1715, foi destacado por G. Sporer e E. W. Maunder, na década de 1890. Eu reexaminei os registros contemporâneos, bem como as novas evidências que vieram à luz desde os tempos de Maunder, e concluí que esse período de 70 anos foi realmente um tempo em que a atividade solar praticamente parou. Esse comportamento do Sol diferiu completamente do comportamento atual, que chegamos a aceitar como normal, e suas

consequências para a física solar e a física terrestre parecem-me profundas.

O ciclo das manchas solares

De fato, uma das mais bem conhecidas características do Sol são as manchas solares e o ciclo de atividade solar, que oscila com o período de cerca de onze anos. Esse ciclo é quase sempre visualizado através do gráfico que apresenta o número de manchas solares verificadas na face visível do Sol no decorrer do tempo. O número de manchas solares é registrado diariamente, mas, para ilustrar os efeitos de longo prazo, os astrônomos usam mais frequentemente as médias anuais, que minimizam as variações de curto prazo e eliminam discrepâncias eventuais decorrentes da rotação solar.

Até agora não existe uma explicação física completa para o ciclo solar. As teorias modernas atribuem a periodicidade das manchas à ação do dínamo solar, no qual a convecção e a rotação superficial interagem para ampliar e manter um suposto campo magnético inicial. Modelos do dínamo solar são bem sucedidos para reproduzir certas características do ciclo de 11 anos, embora ainda não tenham explicado as amplitudes variáveis dos máximos desses ciclos, bem como de outras alterações de longo prazo.

O número médio anual das manchas solares em um mínimo típico é aproximadamente seis. Durante esses anos de mínimos há intervalos de dias e semanas em que nenhuma mancha se manifesta. Uma média mensal nula não é comum, e houve um ano (1810) em que a média anual foi igual a zero, com a aproximação de dois dígitos. Em contraste, nos anos próximos de um máximo das manchas solares, praticamente nunca se deixa de observar diariamente numerosas manchas, e frequentemente se verificam centenas delas.

Contagem de número de manchas solares são facilmente disponíveis desde o ano de 1700, e os pesquisadores usualmente utilizam os registros existentes como apresentando a mesma qualidade, o que na realidade não procede. É aconselhável, portanto, examinar a origem e a precisão dos registros passados do número de manchas solares, para avaliar a incerteza que pesa sobre esses registros.

Um breve histórico

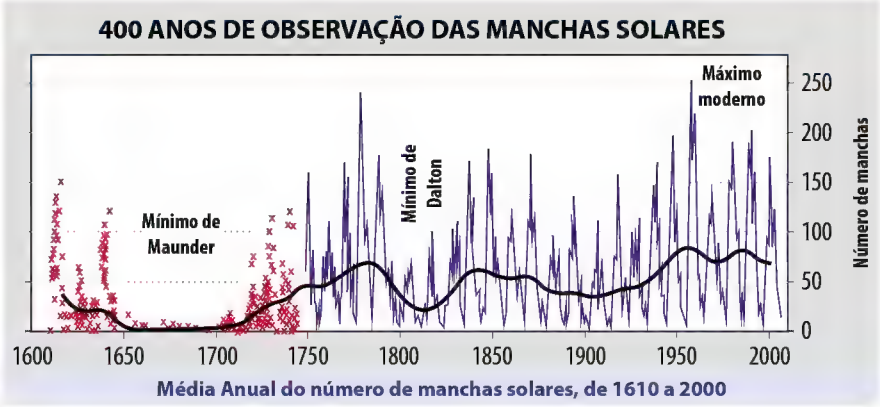
Manchas escuras foram observadas na face do Sol pelo menos desde o quarto século a. C., mas não foi antes da invenção do telescópio, em torno de 1610 A.D., que elas puderam ser vistas suficientemente bem para poderem então ser associadas ao próprio Sol. Cerca de 230 anos se passaram desde a "descoberta" das manchas solares observadas com telescópio até a dedução de seu comportamento cíclico, hoje considerado óbvio, fato este que não tem sido considerado muito abonador para os astrônomos da época. Heinrich Schwabe, astrônomo amador, publicou um breve artigo relatando suas próprias observações das manchas sobre o Sol no período de 1826 a 1843 e apontando para um período aparente de cerca de 10 anos entre os máximos observados em seu número.

Rudolf Wolf, diretor do Observatório de Berna, e depois de Zurique, tomou conhecimento do artigo de Schwabe e logo depois se dispôs a testar os resultados, ampliando as observações sobre as quais se baseava o ciclo de 10 anos. Em 1848 conseguiu organizar um bom número de observatórios europeus para registrarem as manchas de maneira regular, de acordo com um esquema padronizado, inaugurando um esforço internacional que continua até hoje. Wolf empreendeu também uma pesquisa histórica e a reanálise de dados antigos sobre o Sol na literatura e nos arquivos dos observatórios".

O autor procede em seguida a uma análise crítica dos dados publicados por Wolf em sua tentativa de comprovar a permanência do ciclo de onze anos nos registros passados, concluindo que:

"A confiabilidade da curva, e especialmente de sua escala absoluta, pode ser graduada em quatro épocas: confiável a partir de 1848; boa, de 1818 a 1847; questionável, de 1749 a 1817; e pobre, de 1700 a 1748"; e conclui ... "Wolf foi envolvido por evidente viés na ânsia de demonstrar que o ciclo das manchas solares persistia no decorrer do tempo passado e, portanto, quando o ciclo parecia desaparecer, especialmente no período em que os dados históricos se tornaram obscuros, ele teria sido levado a encerrar o caso e considerá-lo demonstrado".

Sobre a permanência do ciclo de 11 anos acrescenta o autor:



Média Anual do número de manchas solares, de 1610 a 2000

"Mesmo estando alertados quanto à qualidade variável do registro de manchas solares feito por Wolf, provavelmente a maioria de nós o consideraria como evidência de uma curva verdadeiramente contínua, bastante semelhante a um trecho de curva representando uma forma de onda qualquer no osciloscópio. Supomos que, da forma como a amostragem de 17 anos de Schwabe foi suficiente para revelar a existência de um ciclo, também o registro de 260 anos apresentado na figura inserida a seguir foi adequado para estabelecer a provável perpetuação desse ciclo no futuro, e por extensão também no passado." ... Investigações recentes relativas à base física do ciclo das manchas solares e sua origem nas camadas fluidas externas do Sol, proporcionam-nos novas razões para suspeitar que pelo menos algumas das características do atual ciclo das manchas solares podem ser transitórias. Se aceitarmos a teoria do dínamo solar, devemos admitir que qualquer das forças nele acopladas poderia ter mudado o suficiente, no passado, para alterar ou suspender o ciclo solar normal. Existem hoje, de fato, evidências de que a rotação solar variou significativamente no decorrer dos tempos históricos.

O mínimo prolongado das manchas solares

A possibilidade de que o número das manchas solares tenha drasticamente diminuído anteriormente a 1700 foi realmente destacada claramente por dois astrônomos bastante conhecidos nos fins do século 19. Em artigos publicados de 1887 a 1889 o astrônomo alemão Gustav Sporer chamou a atenção para um período de 70 anos, finalizando em torno de 1716, em que houve uma notável interrupção no curso usual do ciclo das manchas solares, e uma quase total ausência de manchas. Sporer estava estudando a distribuição das manchas solares em função da latitude e tinha encontrado evidências de que o número de manchas no hemisfério norte e sul do Sol nem sempre era equivalente. Para comprovar essa observação, consultou registros históricos, incluindo o de Wolf, e ficou surpreso com o que encontrou nos dados do século 17 e início do 18. Não muito depois, Sporer faleceu. E. M. Maunder, superintendente do Departamento Solar do Observatório de Greenwich, entretanto, tomou a si a continuidade do caso. Em 1890 Maunder resumiu os dois artigos de Sporer para a *Royal Astronomical Society* e em 1894 apresentou um relato deles mais completo em um artigo intitulado "Um mínimo prolongado das manchas solares". Em seu segundo artigo, Maunder proveu mais detalhes e destacou que o reconhecimento dessa ocorrência inusitada levava à admissão de que o ciclo solar e o próprio Sol teriam se alterado no decorrer dos tempos históricos, fato esse que poderia ocorrer novamente. Ressaltou também que a realidade de um "mínimo prolongado das manchas solares" tinha importantes implicações não só para nossa compreensão do Sol como também para os estudos das interrelações entre o Sol e a Terra.

Não se tem certeza de que alguém ligado à Física solar tenha lido esse artigo. De qualquer forma, cerca de 30 anos depois, com 71 anos de idade, Maunder tentou novamente despertar a atenção publicando outro artigo com o mesmo título, sobre o mesmo assunto. Nele havia citações de Agnes Clerke, que havia declarado que durante o "mínimo prolongado das manchas solares" houve também uma marcante escassez de auroras. Maunder também apresentou a interessante conjectura de que a grande defasagem entre a descoberta telescópica das manchas solares e a descoberta do ciclo solar feita por Schwabe poderia ser devida em parte a essa cessação temporária do ciclo solar durante parte do tempo decorrido.

Em seus cinco artigos Sporer e Maunder fizeram as seguintes impressionantes afirmações:

1) que durante um período de 70 anos, aproximadamente de 1645 a 1715, praticamente não foram observadas manchas solares;
2) que durante quase a metade desse período (de 1672 a 1704) nem uma única mancha foi observada no hemisfério norte do Sol;
3) que durante 60 anos, até 1705, não mais do que um grupo de manchas solares foi visto no Sol no mesmo instante; e
4) que, durante todo o período, não mais do que 'um punhado' de manchas foi observado, sendo em sua maioria manchas isoladas e em pequenas latitudes, cuja permanência se limitou ao tempo de uma única rotação do Sol, ou menos.

Além do mais, o número total de manchas observadas de 1645 a 1715 foi menor do que o observado em um único ano de atividade sob condições normais ... O editor das *Philosophical Transactions of the Royal Society*, relatando a descoberta de uma mancha solar em 1671, no meio do "mínimo prolongado das manchas solares", escreveu que ... "em Paris, o Excelentíssimo Senhor Cassini detectou de novo, ultimamente, manchas no Sol, que há muitos anos não mais eram vistas" (O editor em seguida continua descrevendo a última mancha observada, onze anos antes, para reavivar a memória daqueles que poderiam já ter-se esquecido de sua aparência).

A própria descrição de Cassini sobre suas observações é ilustrativa "... já faz cerca de 20 anos que os astrônomos observaram as últimas manchas consideráveis sobre o Sol, muito embora antes, desde a invenção do telescópio, tenham-nas observado de quando em quando". Cassini também relatou que outro astrônomo francês, Picard ... "agradou-se com a descoberta de uma mancha solar, pois já fazia dez anos que ele havia visto uma, não obstante o grande cuidado que, de tempos em tempos, havia tido para procurá-las". E quando o astrônomo real Flamsteed observou uma mancha no Sol, em Greenwich, em 1684, deixou seu relato de que "essas aparições, embora frequentes nos dias de Scheiner e Galileo, têm sido tão raras ultimamente, que esta é a única que observei na face do Sol desde dezembro de 1676".

Maunder não precisou esforçar-se para conseguir atenção para esse estranho acontecimento, pois a ausência das manchas solares na última parte do século 17 tinha sido registrada como um fato real nos livros de Astronomia escritos antes da descoberta do ciclo efetuada por Schwabe. William Herschell havia mencionado esse fato em 1801. A fonte de informação de Herschell foi a obra de La Lande em três volumes *Astronomie*, de 1792, na qual são dados datas e detalhes da ausência anômala das manchas solares, incluindo algumas das citações posteriormente usadas por Maunder. "Desta forma, nem Maunder nem Sporer 'descobriram' o 'mínimo prolongado das manchas solares'. Esses autores, como eu mesmo, simplesmente apontaram para um fenômeno possivelmente importante que foi pouco considerado, e que na época não pareceu inusitado, mas que retrospectivamente surge com destaque."

Eddy continua seu artigo levantando alguns problemas existentes relacionados com a transitoriedade possível das características do Sol, considerando além das manchas também as protuberâncias, as labaredas, a coroa e a cromosfera. Traz, ainda, informações mais detalhadas sobre as observações solares no século 17, e passa a considerar os registros de ocorrência das auroras austrais e boreais, que se correlacionam com a atividade solar e as manchas solares. Trata, também, da correlação entre a história do Sol e a abundância de Carbono-14 evidenciada pela dendrocronologia.

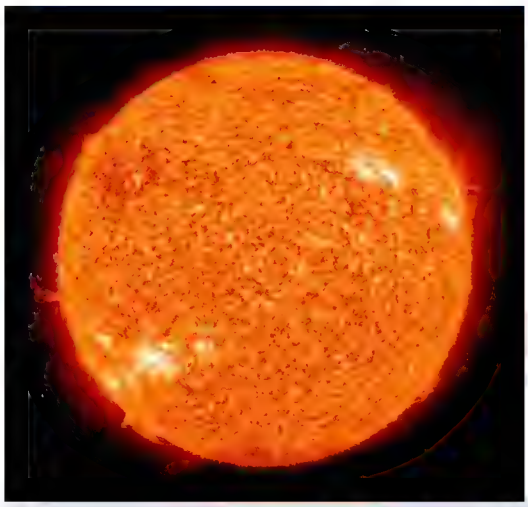
Particularmente é destacada por Eddy a problemática da formação do Carbono-14 na alta atmosfera, que merece ser considerada por nossos leitores:

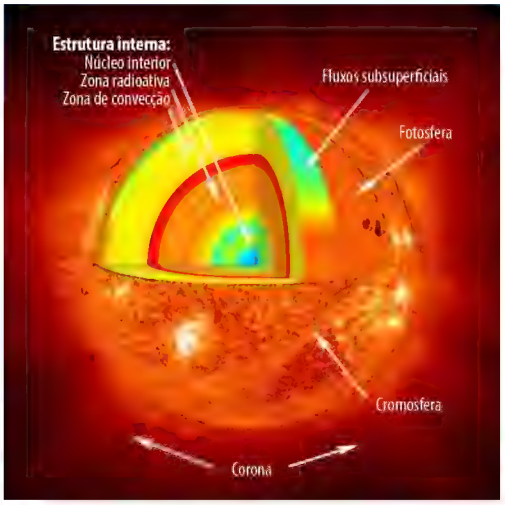
"Quando o Sol está calmo, aumenta o bombardeio da Terra por raios cósmicos galácticos, e aumenta também a proporção de Carbono-14 na atmosfera. Atualmente estamos em uma época de confusão quanto ao Carbono-14. A concentração de Radiocarbono tem estado a diminuir sensivelmente desde o fim do século 19, e o desvio ΔC-14 hoje é cerca de menos de 25 partes por mil".

Observações como esta devem-nos acautelar quanto à utilização de critérios unifomistas para o cálculo da taxa de formação de C-14 na alta atmosfera, alertando-nos quanto à precisão e ao

alcance dos métodos de datação radioativa utilizando o C-14 em face das hipóteses uniformistas neles incluídas explícita ou implicitamente.

Após este artigo, Eddy publicou outro, também de grande importância, que será objeto de considerações na notícia seguinte sobre "O Sol se encolhendo?".





Esquema simplificado da estrutura do Sol

O SOL SE ENCOLHENDO?

A revista "New Scientist" de 15 de outubro de 1981 na sua seção "Monitor" apresentou breve notícia intitulada "O Sol treme com a frequência de um ciclo em cada 76 anos", que é transcrita a seguir.

"O Sol está se encolhendo, e pelo menos nos últimos 265 anos seu diâmetro oscilou ritmicamente com o período de 76 anos. É esta a afirmação de Ronald Gilliland, do *High Altitude Observatory* em Boulder, Colorado (*Astrophysical Journal*, vol. 248, p. 1144).

O artigo de Gilliland é o último de uma série de publicações estimuladas por uma teoria lançada por seu colega Jack Eddy há dois anos. Eddy sugeriu que o diâmetro do Sol, observado a partir da Terra, tem estado a diminuir cerca de dois segundos de arco por século no decorrer dos dois últimos séculos.

Vários artigos recentes mostraram que essa variação tão grande encontrada por Eddy não corresponde à realidade, mas teria resultado das inconsistências das observações antigas por ele usadas como base em seus cálculos. Gilliland concorda, mas destaca claras evidências de uma variação real no diâmetro do Sol, em uma escala menor.

Dois dos conjuntos de dados usados por Gilliland são os mesmos que foram usados por Eddy, com a correção necessária para os erros observacionais. Dois outros conjuntos de dados, envolvendo registros dos trânsitos de Mercúrio pelo disco solar, procedem de pesquisadores que descobriram a falha no trabalho anterior de Eddy.

E um quinto conjunto de dados é uma compilação dos momentos de eclipses solares, que ajuda a expurgar os cálculos. Dentre esses dados, os registros históricos provêm informação sobre o diâmetro solar desde 265 anos atrás. Uma análise dos dados indica a periodicidade de 76 anos, com o diâmetro do Sol observado a partir da Terra variando cerca de 0,4 segundos de arco, com a precisão de 0,02%. O máximo mais recente foi o de 1911, e o próximo deverá ocorrer nos meados da década atual.

John Parkinson e seus colegas do *Mullard Space Science Laboratory*, em Dorking, Surrey, encontraram evidências de um período aproximadamente igual a 80 anos na variação do diâmetro solar, a partir de seus estudos sobre os trânsitos de Mercúrio (*Nature*, vol. 288 p. 548). Contudo, com dados levando somente a 23 pontos cobrindo o intervalo

de 236 anos, isso parecia ser tão somente consequência dos erros de observação, até o trabalho de Gilliland. A equipe de Parkinson também achou que qualquer decréscimo do diâmetro solar, a longo termo, tinha de ser menor do que cerca de 0,2 segundos de arco por século e concluiu que o diâmetro do Sol é constante. Gilliland encontrou praticamente o mesmo resultado, mas interpretou-o como uma variação real. Achou ele também que existe uma pequena anti-correlação entre o diâmetro solar e o número de manchas solares, tanto ao longo do ciclo de 76 anos como no ciclo de 11 anos das manchas solares: há menos manchas solares quando o Sol está com o diâmetro aumentado.

Embora todos esses efeitos sejam pequenos, parecem estar firmemente fundamentados. Exatamente porque eles são pequenos, os astrofísicos estão mais propensos a acreditar nas observações feitas, do que a crer nas anteriores alegações mais extravagantes sobre as variações das dimensões do Sol.

Um ponto importante levantado por Gilliland é que o valor aceito para o diâmetro angular do Sol, de 1919,26 segundos de arco, baseia-se nas observações feitas no fim do século dezenove, perto do mínimo do ciclo de 76 anos.

Se ele estiver correto, o diâmetro médio solar é mais provavelmente de 1919,6 segundos de arco. Certa ou errada, essa alegação é experimentalmente testável. Graças parcialmente às declarações inicialmente feitas por Eddy sobre o diâmetro solar, novamente estão na agenda as suas observações, em muitos observatórios astronômicos.

A mesma revista "New Scientist" em 3 de março de 1983 apresenta outro artigo, de autoria de John Gribbin, intitulado "O curioso caso do Sol se encolhendo", complementando a notícia transcrita anteriormente, com mais informações de interesse sobre o caso. Segue-se a transcrição desse artigo na íntegra, pela importância dos aspectos nele levantados sobre o relacionamento da radiação solar com o clima terrestre, bem como sobre as hipóteses uniformistas na análise da formação do Carbono-14 e dos métodos de datação radioativa nelas baseadas.

Os astrônomos se assustaram e os leigos se surpreenderam quando, em 1979, Jack Eddy, do *High Altitude Observatory* em Boulder, Colorado, afirmou que o Sol estava se encolhendo em tal proporção que, se o processo não fosse revertido, nossa estrela local desapareceria dentro de uma centena de milhares de anos. Eddy estava trabalhando com o matemático Aram Boornazian em um estudo das medidas do diâmetro solar feitas no "Observatório Real de Greenwich" entre 1836 e 1953. Juntos, acharam evidências de um declínio no diâmetro angular do Sol, de dois segundos de arco - equivalente a 0,1% - por século (*American Astronomical Society Bulletin*, Vol. 11, p. 434).

Existem evidências muito boas de que de fato a Terra e o Sol têm existido pelos menos durante quatro bilhões de anos essencialmente com a mesma proporção mútua que apresentam hoje. Desta forma, a descoberta de Eddy implicaria que o Sol está simplesmente em uma fase temporária de contração que logo será interrompida e revertida. *[Evidentemente a afirmação do articulista enquadra-se na cronologia evolucionista, baseada precipuamente na aplicação de critérios uniformistas para o estabelecimento de uma escala de tempo. O próprio processo de "encolhimento" do Sol, objeto deste artigo, não se enquadra na concepção uniformista da evolução do Universo.].*

Portanto, reconheceu-se rapidamente que as afirmações iniciais feitas por Eddy estavam superestimadas. As observações em Greenwich haviam sido feitas por diferentes observadores, em épocas distintas, utilizando técnicas que dependiam, até certo ponto, da habilidade e experiência do observador na técnica por ele utilizada. Um desses métodos consiste em marcar o intervalo de tempo correspondente à passagem do Sol de um lado para o outro de uma linha fixa na direção norte-sul de um meridiano, e calcular o seu diâmetro a partir da velocidade angular da Terra, que é um valor conhecido. Outro método depende de medidas de diâmetro do Sol efetuadas diretamente com um micrômetro sobre a imagem obtida em um telescópio. Ambas essas técnicas mostraram-se sujeitas a erros humanos permanentes que influenciaram pelo menos parte do valor calculado para a aparente variação do diâmetro do Sol.

A teoria ressaltava que qualquer alteração nas dimensões do

Sol deveria produzir uma alteração mensurável na constante solar - a quantidade de energia irradiada pelo Sol. Porém, as medidas da constante solar efetuadas desde 1850 implicavam que o diâmetro solar deveria ter permanecido constante dentro de 0,3 segundos de arco por século, menos do que a metade da variação obtida através dos registros de Greenwich. E também em meados da década de 1980 Irwin Shapiro, do *Massachusetts Institute of Technology*, publicou uma análise das observações dos trânsitos de Mercúrio através do disco solar, na qual concluía que o Sol havia mantido dimensões constantes desde o final do século dezessete (*Science*, vol. 208, p. 51). Esta técnica depende da cronometragem da passagem de Mercúrio através da face do Sol nos anos em que, nos meses de maio e novembro, a Terra, Mercúrio e o Sol estão devidamente alinhados. Isso acontece somente cerca de 13 vezes em cada século, mas esses trânsitos têm sido hoje objeto de detalhado exame astronômico, cobrindo um período de mais de dois séculos.

No final de 1980 o assunto parecia bem claro. Os antigos registros do "Observatório Real de Greenwich" estavam afetados por um erro permanente, e Eddy estava errado em tomá-los como os seus valores nominais. Mas então a coisa começou a complicar. Em meados de dezembro de 1980 os dois periódicos científicos semanais de maior projeção, *Nature* e *Science*, publicaram na mesma semana dois artigos científicos descrevendo trabalhos estimulados pelas afirmações de Eddy e Boornazian. No que dizia respeito aos números que resultaram de seus cálculos, ambos os artigos estavam concordes. Não obstante, a interpretação desses números pelas duas equipes levou a conclusões diametralmente opostas, como exemplificado pelos próprios títulos dos artigos. Na revista *Science* (vol. 210, p. 1243), David Dunham, Sabatino Sofia, Alan Fiala, David Herald e Paul Muller apresentaram sua análise sob o título "Observação de uma provável alteração no diâmetro solar entre 1715 e 1979". Ao mesmo tempo, na revista *Nature* (vol. 258, p,548), John Parkinson, Leslie Morrison e Richard Stepheson estavam proclamando ao mundo científico "A constância do diâmetro solar nos últimos 250 anos". Um exame mais apurado dos dois interessantes artigos mostra como mesmo o mais objetivo dos cientistas pode inconscientemente colorir suas conclusões para apoiar suas expectativas. De qualquer forma, os artigos deixaram ainda bem em aberto a questão das variações das dimensões do Sol.

O argumento a favor da constância solar é essencialmente aquele que já descrevi. Parkinson e seus colegas ressaltaram que, de sete observadores regulares utilizando o círculo meridiano de Greenwich desde 1851, cinco produziram observações auto-consistentes do diâmetro do Sol ao longo de cada um dos seus períodos como observadores. Os outros dois estavam cheios de "fortes vieses pessoais erráticos". Juntamente com os dados dos trânsitos de Mercúrio, esta reinterpretação dos antigos registros levou à conclusão de que o intervalo máximo de variação de qualquer alteração do diâmetro do Sol desde 1850 não excedia um decréscimo de 0,16 segundos de arco por século, com um intervalo de erro possível de mais ou menos 0,14 segundos. Dentro do intervalo de erro possível, o diâmetro do Sol deveria manter-se constante - a conclusão inserida no titulo do artigo da revista *Nature*, ou deveria estar encolhendo, embora na razão de somente um décimo do que havia sido afirmado por Eddy. Apesar dos títulos contraditórios, isso não se contrapõe às evidências publicadas no artigo da revista *Science*. De fato, a conclusão a que chegou a equipe de Dunham foi de que o Sol realmente esteve se encolhendo, e que o seu diâmetro sofreu a contração de 0,68 segundos de arco ao longo de 264 anos. Este resultado está quase que exatamente de acordo com a diminuição, em números redondos, de cerca de 0,2 segundos de arco por século sugerida pelo reexame dos registros de Greenwich.

A técnica usada pela equipe de Dunham é extremamente simples em sua conceituação. Ela depende da precisão de algumas observações feitas em 1715 sob a direção de Edmond Halley, então Astrônomo Real, que se tornou conhecido na época pelo cometa que recebeu o seu nome. Naquele ano houve um eclipse total do Sol visível da Grã-Bretanha no dia 3 de maio. Halley organizou observações desse eclipse em diferentes partes do país. A duração do período de totalidade do eclipse em cada local de observação provê uma importante pista para a determinação

das dimensões da sombra da Lua sobre a Terra, e, portanto para as dimensões do Sol no momento do eclipse. Um observador situado a um quilômetro de uma das extremidades da faixa escura do eclipse projetada sobre a superfície da Terra, por exemplo, veria a duração do eclipse somente durante 15 segundos. Graças aos esforços de Halley foram feitas valiosas observações deste tipo tanto nas proximidades da extremidade norte quanto da extremidade sul dessa faixa do eclipse em 1715.

No norte da Inglaterra, Teófilo Shelton registrou em Darrington (pequena vila localizada perto da cidade de Leeds, a 53 graus e 40 minutos de latitude norte) que o Sol "estava reduzido quase a um ponto, que tanto em cor como em tamanho parecia com o planeta Marte". Concluíra ele que o limite norte do eclipse total estava exatamente ao Sul dessa localidade. No Sul da Inglaterra, a extremidade da faixa do eclipse total foi caracterizada por observações feitas a cada lado da trajetória, no Sul da vila de Cranbrook (que fica em Kent, na latitude de 51 graus e 10 minutos norte). Esses resultados, em seu conjunto, provêm um guia precioso para o cálculo da extensão da sombra da Lua.

A trajetória da extremidade da faixa escura projetada sobre a Terra durante o eclipse total depende do exato alinhamento do Sol com a Lua e a Terra naqueles instantes, e isso pode ser calculado muito precisamente a partir das equações padronizadas da Mecânica Celeste. Depende, também, das dimensões da Lua, as quais ninguém sugeriu que tenham sido mudadas desde 1715, e ainda, das dimensões do Sol. Comparando os dados de Halley referentes ao eclipse de 1715 com observações semelhantes de eclipses em 1976 (visível na Austrália) e em 1979 (observado por centenas de astrônomos amadores em toda a América do Norte), Dunham e seus colegas concluíram que não houve alteração mensurável no diâmetro solar entre 1976 e 1979, mas que entre 1715 e 1970 o Sol encolheu-se na proporção de 0,68 segundos de arco, com um intervalo de incerteza de mais ou menos 0,04 segundos de arco. Isso não está de acordo com as primeiras afirmações de Eddy e Boornazian, mas cai dentro dos limites estabelecidos pelos teóricos (incluindo Sofia, ele mesmo membro do grupo liderado por Dunham) com base nas medidas da constante solar. Isto também é consistente com os dados sobre os trânsitos de Mercúrio, que a equipe de Parkinson usou como evidências a favor da constância do diâmetro solar; de acordo com os dados deles, qualquer alteração teria de ser menor do que 0,30 segundos de arco por século. Para se ter uma perspectiva desses valores todos, deve-se dizer que o diâmetro angular do Sol é de 32 minutos de arco, pouco maior do que meio grau. Seu diâmetro linear é de 1.392.000 quilômetros. Seu diâmetro aparente parece pequeno porque ele dista de nós cerca de 150 milhões de quilômetros.

Se os dois artigos tivessem surgido inesperadamente, sem nenhuma preparação das bases científicas, certamente eles teriam ocasionado um enorme impacto tanto sobre os astrônomos quanto sobre um círculo mais amplo. Mesmo que o Sol estivesse se encolhendo na proporção de somente 0,01% por século, ele desapareceria totalmente dentro de um milhão de anos, e há um milhão de anos teria tido o dobro das dimensões que hoje apresenta. (Ambas as sugestões são ridículas, de acordo com tudo o que se aprendeu sobre o que acontece com as estrelas, no último meio século). Alternativamente, a contração atual poderia ser simplesmente uma fase de uma pulsação lenta e longa, cujo período poderia ser de centenas ou milhares de anos.

Os dois artigos não causaram uma agitação imediata. Os títulos já estavam escritos quando Eddy e Boornazian sugeriram que o Sol estava se encolhendo na proporção de 0,1% por século. Uma contração de somente um décimo desse valor pareceu "café pequeno" para os astrônomos, e foi apresentada pelos meios de comunicação populares como mais outro exemplo de uma ideia científica lançada apressadamente e posteriormente rejeitada por estudos mais cuidadosos. Metaforicamente podemos imaginar os astrônomos teóricos dando um suspiro de alívio e dizendo: "Ainda bem que o Sol está se encolhendo somente um décimo de segundo de arco por século e não um segundo! Não temos com o que nos preocupar!" Parece ter levado alguns meses para que se descobrisse que havia muito com que se preocupar, com profundas implicações para os habitantes do planeta Terra.

A causa imediata das preocupações é que as mudanças no diâmetro do Sol estão ligadas a mudanças no calor por ele irradiado. E mudanças na constante solar, de tão somente uma fração de um por cento, podem ter uma influência pronunciada sobre o clima terrestre. O próprio interesse de Eddy com relação aos registros antigos do "Observatório Real de Greenwich" foi despertado a partir de seu estudo sobre a variação do nível da atividade solar indicada pelo número das manchas solares. Ele havia provado, durante uma reanálise completa das antigas observações, que as décadas mais frias da história recente, a "Pequena Idade Glacial" da segunda metade do século dezessete, coincidiam (se esta for a palavra adequada) com o intervalo em que o Sol notavelmente não apresentou manchas solares. A partir de então as manchas surgiram e desapareceram com o período de aproximadamente onze anos.

Poderiam as alterações nas dimensões do Sol estar ligadas tanto à atividade superficial manifestada pelas manchas solares, quanto às mudanças climáticas em pequena escala verificadas na Terra? Curiosamente, em seu artigo sugerindo a constância do diâmetro solar, Parkinson e seus colegas não mencionaram que os dados dos trânsitos de Mercúrio dão indicações de uma variação periódica do tamanho do Sol dentro de um ciclo de cerca de 80 anos. O significado especial deste número é que uma configuração cíclica semelhante, de longo termo, surge nos registros da variação do número de manchas solares, modulando o ritmo mais forte de onze anos. Um ciclo de mesmo período ocorre também em configurações climáticas reveladas por registros históricos de temperatura, pela espessura dos aneis de crescimento anuais das árvores, etc. Algumas fortes sugestões a respeito do que devia vir a público estavam para ser publicadas em dezembro de 1980. Contudo, somente depois do outono de 1981 a bomba finalmente explodiu.

O gatilho foi acionado por Ronald Gilliland, um dos colegas de Eddy, que também trabalha no *High Altitude Observatory*. Surpreendentemente, a publicação não foi feita nas páginas de *Nature* ou *Science*, onde as noticias "quentes" usualmente são lançadas para divulgação rápida entre os cientistas, mas entre as sóbrias capas do *Astrophysical Journal* (vol. 248, p. 1144), um padrão de respeitabilidade dentro do estamento astronômico.

Gilliland baseou seu estudo em não menos do que cinco conjuntos de dados, incluindo os registros antigos do "Observatório Real de Greenwich" com a correção dos erros sistemáticos de observação; medidas semelhantes feitas com um círculo meridiano do "Observatório Naval dos Estados Unidos", em Washington; dois conjuntos de observações dos trânsitos de Mercúrio; e dados do eclipse solar. Sua primeira conclusão, tirada de uma bateria de testes estatísticos, foi que era real o declínio total do diâmetro solar de cerca de 0,1 segundos de arco por século desde o início de 1700. E quando os testes padrão de estatística, usados para revelar pequenas alterações regulares na configuração da variabilidade, foram aplicados aos dados obtidos a partir do círculo meridiano, eles revelaram traços claros, sem ambiguidade, de uma variação periódica repetindo-se ao ritmo de 76 anos. Isso praticamente se engrena com a variação periódica existente nos dados dos trânsitos de Mercúrio.

O valor dessa pulsação regular fica no intervalo de somente 0,01% do diâmetro do Sol, mas tem permanecido estável ao longo de todo o intervalo de 250 anos, coberto pelos vários conjuntos de observações. Ele mostra também uma clara relação com a atividade das manchas solares; de uma maneira geral, existem menos manchas solares quando o Sol se apresenta com maior dimensão. Se a mesma anticorrelação pudesse ser aplicada para o declínio de mais longo termo do diâmetro solar, ela proveria uma explicação para a escassez de manchas solares durante o auge da "Pequena Idade Glacial" de 300 anos atrás. Nessa época, o diâmetro angular do Sol era cerca de dois terços de segundo de arco maior do que hoje. Gilliland relatou também uma flutuação menor, mas claramente individualizada, nas dimensões do Sol, que se coaduna com o ciclo de 11 anos das manchas solares. As variações periódicas não deixam lugar para ambiguidade. Quanto ao declínio de mais longo termo do diâmetro solar, descoberta que deu início a todo o processo, Gilliland foi cuidadoso em suas afirmações. "Dados os muitos problemas existentes com os conjuntos de dados", diz ele: "não se é levado inexoravelmente à conclusão de que tenha exis-

tido uma tendência secular na variação do diâmetro solar desde 1700 A.D., embora a preponderância das evidências hoje em dia indique que provavelmente seja esse o caso".

Com as variações rítmicas de 11 e 76 anos agora identificadas nas medidas do diâmetro solar, parece ser lógico interpretar a tendência mais longa como parte de um ciclo semelhante, mas de maior período, o que não teria qualquer problema maior para a fé dos astrofísicos e geólogos na estabilidade a longo prazo de nossa estrela mais próxima. [*É interessante observar que o uniformismo é realmente uma questão de fé, como ressalta o articulista!*] Gilliland, portanto, deu o tiro de partida, no seu artigo do *Astrophysical Journal*. Atualmente, se sua análise estiver correta, o Sol está se aproximando do máximo no seu ciclo de 76 anos, e começará a diminuir de tamanho novamente a partir do fim desta década de 1980. O valor aceito para o diâmetro solar, de 1.919,26 segundos de arco, porém, é baseado em observações realizadas no século passado, e ficou encastelado nos livros texto desde a época em que o Sol passava por um mínimo no seu ciclo de 76 anos. Se Gilliland estiver certo, o valor real do diâmetro solar médio é mais aproximadamente igual a 1.919,6 segundos de arco. Portanto, as suas afirmações podem ser submetidas à verificação experimental. As técnicas existentes são suficientemente precisas para medir diretamente tais variações no diâmetro solar, e programas de monitoramento estabelecidos na esteira dessas várias afirmações e contra-alegações poderiam resolver a questão, de uma forma ou outra, antes do fim da década.

Logo, a partir de agora para onde iremos? Um caminho claramente nos leva de volta para o enigma de como, exatamente, o Sol funciona. Outro caminho leva inexoravelmente para outra direção - o estudo detalhado do funcionamento da atmosfera e dos sistemas climáticos da Terra. Nas suas investigações para conhecer mais a respeito da variabilidade solar, Gilliland obrigou-se agora a desvendar as complexidades das alterações recentes do clima terrestres. É difícil deixar de considerar que essas variações do diâmetro solar, tanto o ciclo de 76 anos como o declínio de longo termo, pudessem não ter afetado a temperatura do globo.

Entretanto, são tantos os demais fatores que também afetam o clima, que a única esperança para detectar o "sinal" solar - e, portanto, finalmente, para aprender mais a respeito do que faz o Sol vibrar - é eliminar do registro histórico das variações de temperatura, no hemisfério norte, as demais influências de maior importância.

Isso poderia parecer uma tarefa desencorajadora, contudo nos últimos anos os climatologistas iniciaram um estudo intensivo das variações de temperatura na Terra. Sua preocupação principal tem sido a emissão de gás carbônico na atmosfera - um subproduto de nossa dependência energética dos combustíveis fósseis – que poderia aprisionar a radiação infravermelha nas camadas mais próximas da superfície da Terra, e aquecer o planeta através do chamado "efeito estufa". De maneira geral, os climatologistas concordam que duas perturbações têm estado a afetar a tendência das variações de temperatura neste século: a influência para o aquecimento resultante deste aumento na taxa de gás carbônico, e a influência para o resfriamento, aleatória, produzida quando as grandes erupções vulcânicas espalham poeira na alta atmosfera, bloqueando parte da irradiação solar. A maior parte das alterações de temperatura observadas nos últimos cem anos pode ser explicada em princípio pela operação desses dois processos. Gilliland, contudo, descobriu que o registro da temperatura real poderia ser explicado com muito mais precisão ao se considerar um terceiro fator nos cálculos - a irradiação solar variável, ligada ao ciclo de 76 anos de variação no diâmetro do Sol. (*Climatic Change*, vol. 4, p. 111).

Gilliland está preocupado em destacar que esse fator nada prova sobre a maneira pela qual as influências externas afetam a operação do mecanismo do clima. Não obstante, seu estudo certamente provê material para se pensar a respeito. Ele levou em conta o registro bem aceito das alterações anuais da temperatura média no hemisfério norte desde 1881, e obteve o melhor ajuste possível para essa configuração mediante a combinação das três influências externas: os efeitos estufa, vulcânico e solar. Cada um deles foi modificado por um fator de escala para ajustar a concordância do modelo com o mundo real. O modelo

incorpora, também, uma defasagem ajustável entre as influências vulcânica e solar que leva em conta o tempo que decorre para que a temperatura da atmosfera e dos oceanos possa responder às influências externas. Com tantos fatores variáveis, deveria ser possível conseguir um "ajuste" praticamente a qualquer curva; o ponto interessante do estudo, entretanto, gira em torno dos fatores de escala introduzidos nas equações, que podem ou não dizer algo que leve à elucidação das influências em operação.

As principais características que qualquer modelo tem de explicar são um ligeiro aquecimento do globo (pelo menos do hemisfério norte, para o qual são disponíveis bons registros) desde os fins do século dezenove até a década de 1940, e um subsequente resfriamento até a década de 1970. Gilliland obteve um razoável ajuste entre os registros das temperaturas reais e o seu modelo, deixando totalmente de lado as variações solares e trabalhando somente com as emissões de gás carbônico e a influência das emanações vulcânicas na atmosfera. A parte inicial do século atual foi calma em termos vulcânicos, e o aquecimento poderia ser explicado como resultado da rarefação da poeira na estratosfera, ao mesmo tempo em que a tendência de resfriamento atual coincide com a crescente atividade vulcânica. Nestas variações sobre o tema, contudo, a influência do gás carbônico deve ser considerada como muito pequena, somente um décimo do valor que a maioria dos modeladores de clima aceita normalmente, pois de outra forma esta teria sobrepujado a influência vulcânica e obrigado a Terra a continuar se aquecendo nas décadas de 1940, 1950 e 1960.

Entretanto, o melhor de todos os ajustes entre a teoria e a realidade surge quando Gilliland adiciona o terceiro fator - a variabilidade solar. A tendência para o aquecimento, então, é explicada como devida a uma combinação das influências solar e vulcânica com uma defasagem de 24 anos entre o máximo do diâmetro solar em 1911 e o pico do aquecimento de 1930 - a época da grande erosão eólica ocorrida na América do Norte.

Neste modelo de Gilliland, desde 1940 até a década de 1970, tanto a influência solar como a vulcânica estiveram atuando no sentido de resfriar a Terra, mais do que compensando, assim, a emissão crescente de gás carbônico, mesmo considerando-se os valores normais do efeito estufa.

Tudo isso é muito curioso. De fato, isso resolve o mistério do porque a Terra resfriar-se mesmo enquanto a concentração de gás carbônico continua a crescer exponencialmente, e tudo o que se torna necessário é somente uma alteração no valor máximo da luminosidade solar, de somente 0,28% ao longo do ciclo de 76 anos, ocasionando uma influência máxima de somente 0,28°C nas temperaturas superficiais da Terra. Esses números estão bem dentro do intervalo de possibilidades estabelecidas pelas observações da constante solar a partir da Terra - como Gilliland ressalta no Quadro da página seguinte, "as baixas temperaturas das duas últimas décadas resultam principalmente de um mínimo do ciclo solar de 76 anos". Entretanto, apesar de resolver um enigma quanto ao efeito estufa, sua análise também levanta novas preocupações acerca do que poderá ocorrer afetando a humanidade no futuro.

Se os cálculos usualmente aceitos para o efeito estufa estiverem de fato corretos, então nos próximos 30 anos provavelmente as temperaturas aumentarão de 1°C à medida que forem sendo queimadas quantidades crescentes de combustíveis fósseis. Porém, a influência solar agora está começando a reverter, passando a contribuir para um maior aquecimento até o ano 2010, incrementando o efeito estufa, ao contrário do que ocorreu nos últimos 30 anos, quando o esteve contrabalançando. Resulta então a previsão de um aquecimento global muito mais rápido e pronunciado do que antes se supunha provável, a iniciar-se em fins desta década de 1980. À primeira vista isto poderia parecer benéfico, se a década de 1990 presenciasse um retorno das excelentes condições que prevaleceram na década de 1950 para a agricultura mundial. Além da virada do século, entretanto, a previsão implica um rápido aquecimento da Terra em direção a condições não prevalecentes há mais de mil anos, prenunciando uma nova época de super-erosão eólica, muito pior do que a de 1930 nas grandes planícies da América do Norte.

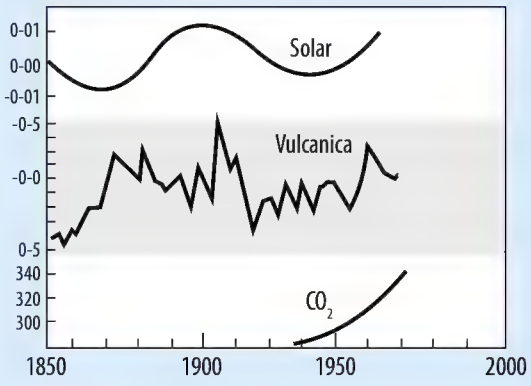
Desta forma, no intervalo de três anos, o curioso enigma do encolhimento do Sol levou os pesquisadores, partindo dos os estudos de velhos e empoeirados

registros trancados nos arquivos do mais famoso observatório do mundo, até as especulações sobre os mecanismos internos do Sol, a uma sinistra advertência sobre o possível futuro climático que confrontará a próxima geração em um planeta já superpovoado. Halley e seus sucessores no "Observatório Real de Greenwich" certamente ficariam fascinados ao saber dos inesperados usos que os astrônomos do fim do século vinte fizeram de suas observações solares. Há um ou dois séculos, quem realmente poderia imaginar que qualquer benefício prático poderia advir para a humanidade de pesquisas eruditas tais como os estudos da trajetória exata da sombra projetada durante um eclipse, ou medidas trabalhosas do diâmetro angular do Sol?

MODELO DE GILLILAND

Gilliland utiliza três diferentes influências externas no seu modelo computacional de alteração climática.

A influência vulcânica, determinada a partir de estudos do registro da acidez, obtido de uma perfuração na camada de gelo superficial existente na Groenlândia, é mostrada nas mesmas unidades que uma alteração equivalente na "constante solar". O gás carbônico emitido na atmosfera é medido em partes por milhão, volumetricamente. Os modelos climáticos usuais sugerem que a duplicação da concentração do gás carbônico na atmosfera aqueceria a Terra cerca de 2ºC.

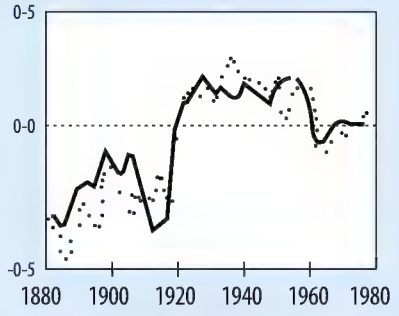


A soma da influência solar com o efeito estufa devido ao gás carbônico (Figura **b**) resulta numa boa simulação do registro real dos últimos 100 anos (dados indicados pelos pontos).

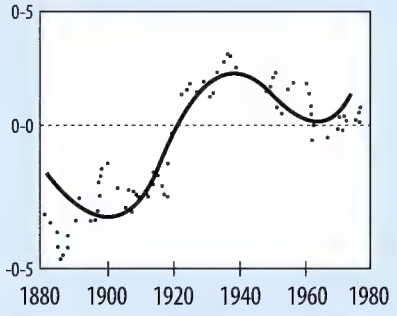
Quando, porém se consideram somente a poeira vulcânica e o gás carbônico, a melhor concordância se dá quando o efeito estufa se limita a somente um décimo do valor que os climatologistas lhe atribuem (Figura **a**).

Quando se combinam o efeito estufa padrão e a influência solar com as variações de origem vulcânica, a concordância novamente se aprimora (Figura **c**).

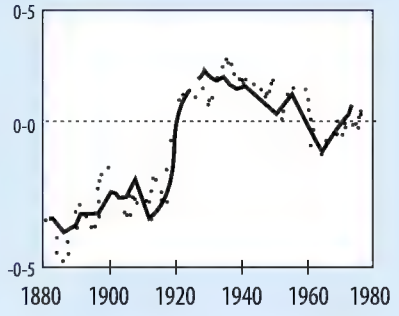
Com o acréscimo das variações solares ao longo de 12,4 e 22 anos, o ajuste fica praticamente perfeito (Figura **d**).



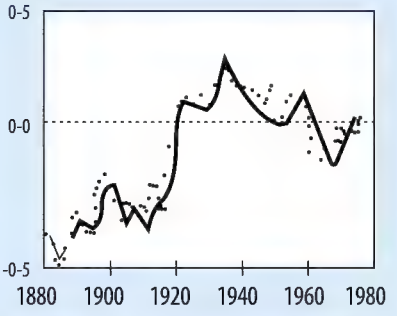
a - Efeito estufa (CO_2) + Influência vulcânica



b - Efeito estufa (CO_2) + Influência Solar (ciclo de 76 anos)



c - Efeito estufa (CO_2) + Influência vulcânica + Influência solar (ciclo de 76 anos)



d - Efeito estufa (CO_2) + Influência vulcânica + Influência solar (ciclos de 76, 12,4 e 22 anos)

A TEMPERATURA SUPERFICIAL DO SOL E AS VARIAÇÕES DA CONSTANTE SOLAR

Na revista "Science" de 11 de novembro de 1988, foi publicado com o título acima o artigo de autoria de J. R. Kuhn (do Departamento de Física e Astronomia da "Michigan State University"), K. G. Librecht (do "Big Bear Solar Observatory", do "California Institute of Technology") e R. H. Dicke (dos "Joseph Henry Laboratories", da "Princeton University"), do qual se transcrevem alguns trechos a seguir, para melhor esclarecer nossos leitores a respeito dos limites da variabilidade da irradiação solar.

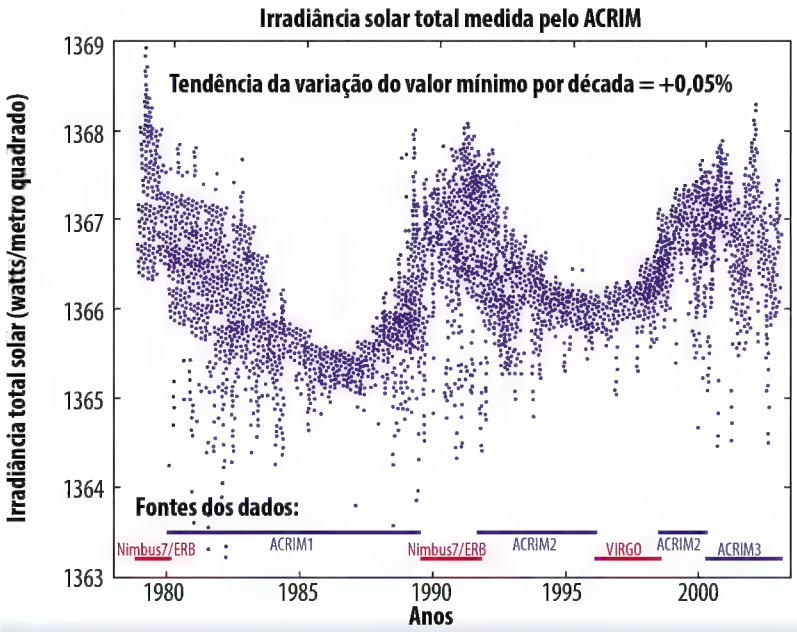
Verifica-se que, de fato, o quadro de um Sol estático, com características uniformes e permanentes, como bem caberia dentro das hipóteses uniformistas, está bem longe da realidade. Pelo contrário, o que existe na realidade é um Sol dinâmico, com variações que têm mesmo deixado suas marcas no próprio clima pregresso da Terra, mas que se mantém dentro dos limites exatamente necessários para possibilitar a vida em nosso planeta.

Medidas precisas da constante solar, isto é, da irradiância solar, determinada por artefatos espaciais a partir de órbita terrestre, indicaram sua ligeira variação em função da alteração no nível da atividade magnética solar [1].

Essas medidas, especificamente as que foram efetuadas pelo monitor de irradiância do radiômetro de cavidade ativa (ACRIM), instalado no módulo espacial da "Missão do Máximo Solar", indicaram que, durante um máximo solar típico, a irradiância solar é 0,1% maior do que a do mínimo solar, quando a atividade magnética do Sol é baixa. Tais alterações podem afetar o clima terrestre de forma detectável como o decréscimo na atividade solar verificado no décimo sexto século que coincidiu com um período de temperaturas baixas na Europa, conhecido como a "Pequena Idade Glacial" [2].

A variação da irradiância resulta de alterações temporais na distribuição do fluxo e do brilho superficial do Sol. Trabalhos anteriores mostraram que as manchas solares no disco visível realmente diminuem a constante solar; outros indicadores indiretos mostram também que a irradiância solar aumenta devido às fáculas brilhantes [3, 4]. Esses estudos também sugerem que as variações cíclicas das manchas e fáculas solares por si sós não podem ser responsáveis pela variabilidade total.

A identificação da causa dessa variação constitui um problema difícil - por exemplo, alterações temporais na rotação diferencial no interior do Sol, o campo magnético do dínamo solar próximo da base da zona de convecção, ou as células convectivas de larga escala, todos esses fatores, podem produzir tal efeito. Entretanto, observações da distribuição de temperatura superficial do Sol podem ser utilizadas para distinguir os efeitos



Dados da variação da irradiância solar obtidos pelo ACRIM durante dois ciclos solares de 11 anos
(Dados obtidos pelo ACRIM e pelos Módulos Nimbus e Virgo)

de cada um desses mecanismos ... Neste artigo, combinamos medidas fotométricas do disco solar, relativas, de precisão, com medidas de irradiância total, absolutas, efetuadas a partir de módulos espaciais, para investigar a temperatura superficial do Sol em função da latitude e do ciclo solar.

Medidas de irradiância total, como as efetuadas nos experimentos com o ACRIM, não provêm dados sobre as variações de brilho ao longo do disco solar visível. Para a obtenção dessa informação, os experimentos espaciais são bem complementados por observações terrestres. A fotometria relativa feita no nível do solo permite uma maior resolução espacial para longos períodos de tempo, mas não pode prover a estabilidade bolométrica temporal absoluta das medidas espaciais, devido aos efeitos da atmosfera terrestre.

Devido às variações da irradiância ao longo do ciclo solar serem da ordem de umas poucas partes, em 10^4, para que uma medida da variação do fluxo latitudinal seja relevante, deverá ter uma precisão compatível.

Conseguimos uma sensibilidade mais do que adequada em nossas medidas usando o telescópio de distorção solar, instrumento originalmente desenhado para medir o achatamento do globo solar com a precisão de 1 mili-segundo de arco [8]".

Seguem descrições efetuadas, e análises respectivas, que deixam de ser transcritas em face de sua especificidade. Continua o artigo com outras considerações de maior interesse que passam a ser transcritas a seguir.

Entre 1983 e 1987 a alteração fracionária da constante solar foi de $3{,}6.10^{-4}$ [1]. O fato de que a constante solar começou a aumentar novamente após o mínimo solar constitui evidência convincente de que a irradiância solar varia com o ciclo solar. Uma variação de 0,5 °K na temperatura solar média poderia ter causado a variação de luminosidade observada. Como já existe evidência de uma variação de brilho dessa ordem de grandeza, optamos por uma distribuição variável de temperatura latitudinal como sendo um mecanismo mais provável para ocasionar a variação de irradiância observada. Modelos alimentados com os dados obtidos com o ACRIM [3,4] sugerem que as fáculas e as manchas solares produzem somente parte da variação de irradiância; desta forma, torna-se necessário um terceiro componente para explicar a variabilidade total.

Como as manchas solares são escuras aproximadamente de maneira uniforme, e suas áreas têm sido regularmente catalogadas durante muitos anos, a contribuição delas para a irradiância, reduzindo diretamente a constante solar, tem sido calculada com precisão. Entretanto, como a irradiância aumenta com o aumento da atividade solar, a contribuição das manchas solares claramente não constitui o efeito magnético dominante, embora não se conheçam bem os efeitos das fáculas e de outras configurações magnéticas brilhantes sobre a irradiância.

...Concluímos que as variações das fáculas usuais e das manchas solares por si sós não poderiam ter produzido as variações observadas na irradiância. Sugerimos então que a causa seja um excesso de fluxo térmico variando lentamente. ... Uma descrição mais adequada da alteração observada do fluxo solar é posta em termos de uma variação na distribuição da temperatura efetiva do Sol nas baixas latitudes. Não há evidências de variação do fluxo efetiva do Sol nas regiões polares.

Considerações gerais sugerem que o fluxo solar seja função da latitude. Devido à rotação diferencial do Sol em profundidade e em latitude, as tensões tangenciais turbulentas na zona de convecção apresentam uma dependência angular em grande escala [17]. Um dos termos da equação das forças depende dessas tensões e, portanto, o fluxo da quantidade de movimento e o fluxo radial da energia apresentam uma pequena dependência angular quadripolar. É difícil o cálculo da perturbação do fluxo, mas simulações numéricas [18] têm provido as melhores estimativas da forma e da intensidade do excesso de fluxo observado. [11] ... A extrapolação da variação do fluxo das altas latitudes até o equador sugere que a temperatura no polo seja cerca de 1,5 maior do que no equador, se estiver ausente a componente do fluxo variável de baixa latitude.

Duas características interessantes da componente variável do excesso de temperatura são que ela apresenta um pico na proximidade das bandas de latitude ativas, e que ela varia na mesma escala de tempo que o

campo magnético solar. Campos magnéticos toroidais na escala de kilo-Gauss próximos da base da zona de convecção podem ter vida prolongada, e a escala de tempo para que as regiões dos pequenos tubos de fluxo se desloquem até a superfície poderia ser comparável às escalas de tempo nas quais se desenvolvem as regiões ativas [19]. Regiões ativas, fáculas e manchas solares ocorrem onde os tubos de fluxo se separam de uma grande concentração de fluxo nas profundezas da zona de convecção, sendo levados por correntes ascendentes para a fotosfera. Neste caso, as bandas de latitude ativas deveriam localizar-se na região das correntes ascendentes, e ser mais quentes do que as regiões de correntes descendentes.

Interessantes fotografias são apresentadas no artigo, ilustrando a variação latitudinal das temperaturas no disco solar, desde 1983 até 1987, excluindo o efeito das fáculas e das manchas solares, indicando que a geometria e o fluxo do campo toroidal no interior da zona de convecção evoluem durante um ciclo solar.

Em resumo, o mecanismo energético, nuclear, térmico, magnético e fluido-dinâmico envolvido na produção da energia irradiada pelo Sol é algo extremamente complexo, e maravilhosamente equilibrado dentro de estreitos limites para manter as condições climáticas necessárias à vida em nosso Planeta!

Referências

(1) R.C. Wilson and H. S. Hudson, *Nature* 332, 810 (1988)

(2) J.A. Eddy, Climate Change 1,173 (1977).

(3) G. Chapman *et al.*, *Nature* 319, 654 (1986).

(4) P. Foukal and J. Lean, *Astrophys. J.* 328, 347 (1988), com as respectivas referências.

(8) J.R. Kuhn *et al.*, *Astrophys. J.* 290, 758 (1985); *ibid.* 319, 1010 (*erratum*) (1987).

(11) J. R. Kuhn, K. G. Libbrecht, R. H. Dicke, *Nature* 328,326 (1987).

(17) B. R. Dumey and H. C. Spruit, *ibid* 234, 1067 (1979).

(18) G. Glatzmaier, *ibid*, 291,300 (1985).

(19) E. N. Parker, *ibid.* 321,984 (1987); *ibid.*, 1008.

"Porque assim diz o Senhor que criou os céus, o único Deus, que formou a terra, que a fez e a estabeleceu; que não a fez para ser um caos, mas para ser habitada: Eu sou o Senhor e não há outro." (Isaias 45:18)

O INVERNO NUCLEAR O SOL E O CLIMA TERRESTRE

Na revista "New Scientist" de 10 de setembro de 1981, John Gribbin apresenta interessantes considerações a respeito da "conexão estratosférica", trazendo informações sobre um modelo desenvolvido por cientistas soviéticos para explicar como a variabilidade solar, através de sua influência sobre a camada de ozônio, poderia afetar o clima terrestre. Segue-se a tradução do referido artigo, intitulado "Sun and Weather: the Stratospheric Link", com a finalidade de alertar nossos leitores sobre a impossibilidade de estudar o clima terrestre com base nas hipóteses uniformistas, o que por sua vez acarreta importantes consequências também no estudo da geomorfologia. De fato, as oscilações climáticas decorrentes da variabilidade solar excluem por si mesmas a viabilidade de estudos geocronológicos a partir de hipóteses uniformistas relativas, por exemplo, a taxas de erosão hidráulica e eólica constantes, e a taxa de formação constante de estalactites e estalagmites, apenas para citar alguns dos aspectos mais usualmente considerados na abordagem evolutiva da Geologia.

Meteorologistas do mundo ocidental foram surpreendidos pela afirmação, feita no ano passado por dois pesquisadores soviéticos de que as experiências com armas nucleares efetuadas na década de 1950 e inicio da década de 1960, exerceram um efeito sensível sobre o clima mundial, podendo ter representado o fator principal responsável pelo resfriamento global que levou ao severo inverno de 1962-1963. A publicação original dessas ideias (*Solar-Terrestrial Influences on Weather and Climate*, editada

por B. M. McCormac e T. A. Seliga, Reidel, 1979, p. 317) foi grandemente ignorada. Quando uma menção a seu respeito apareceu em *New Scientist* (vol 89, p. 280), ela deparou-se com uma bem humorada descrença por parte dos meteorologistas. Parece, porém, que o *New Scientist* é lido também em Leningrado, e em consequência do aparecimento desse breve relato em suas páginas o Professor K. Ya. Kondratyev, do "Observatório Geofísico" daquela cidade, e G. A. Nikolsky, da Universidade de Leningrado, enviaram-me um relato completo, detalhado, de seu trabalho sobre esse problema, ainda então não publicado em Inglês.

A pesquisa deles parte do problema de uma possível influência antropogênica sobre o clima, resultante do efeito dos testes nucleares sobre a estratosfera, e se desloca no sentido da proposição de que um efeito bastante semelhante, relacionado com a alteração da intensidade dos raios cósmicos que penetram na atmosfera, poderia prover o mecanismo há tanto buscado para explicar como o ciclo de atividade solar, de aproximadamente 11 anos, poderia influenciar o clima terrestre.

A história retrocede ao fim da década de 1960, quando Kondratyev e Nicolsky tentaram interpretar as medidas da quantidade de calor emitida pelo Sol - a chamada constante solar - obtida de instrumentos levados para a alta atmosfera em balões, durante alguns anos anteriores. As evidências indicavam um aumento no valor da constante solar medida, coincidente com o período no qual a atividade solar estava aumentando no decorrer daquele ciclo solar, aproximadamente de 1964 a 1969. Embora o efeito fosse pequeno, veio a confirmar outras medidas efetuadas no interior da atmosfera terrestre que indicaram que a "constante" solar poderia realmente variar cerca de 1 a 2 por cento em uma escala de tempo de décadas ou séculos, à medida que variasse a atividade das manchas e das erupções solares. Na década de 1970 essa evidência foi objeto de estudos em conexão com a alteração do clima, como os que foram feitos por Stephen Schneider e Clifford Mass, do "Centro Nacional de Pesquisas Atmosféricas" em Boulder, Colorado, U.S.A. O seu trabalho mostrou que o mesmo grau de variabilidade solar registrado por medidas efetuadas com balões a cerca de 30 quilômetros de altitude poderia explicar as variações de temperatura da Terra desde a "Pequena Idade Glacial" do século 17 (*Science*, vol. 190, p. 741). Contudo, no final da década de 1970 vários instrumentos levados bem acima da atmosfera terrestre a bordo de satélites como o "Nimbus-6" e o "Nimbus-7", mostraram que a energia emitida pelo Sol não está variando mais do que alguns décimos de 1% no decorrer do atual ciclo de atividade. Supondo que o andamento do comportamento atual reflita com precisão o comportamento do Sol nas décadas mais recentes, o grosso das alterações na quantidade de calor observadas em balões mesmo nas altitudes de 30 a 35 quilômetros, deve ser resultado de mudanças verificadas nas propriedades de absorção do restante da atmosfera acima dessas altitudes. A quantidade de calor que penetra até a troposfera - a camada da atmosfera desde o solo até cerca de 15 quilômetros de altitude - realmente pode variar, mas porque a transmissividade da estratosfera acima dela varia, e não porque a energia emitida pelo Sol varie significativamente.

Então, por que varia a transmissividade da estratosfera? Uma das primeiras explicações que vêm à mente relaciona-se com as variações da concentração de ozônio na estratosfera - a camada da atmosfera que se estende aproximadamente de 15 a 50 quilômetros de altitude. Como o ozônio absorve a radiação ultravioleta, alterações na sua concentração poderiam alterar a quantidade de energia que penetra na troposfera e atinge o solo. Foram de fato descobertas evidências de uma conexão entre a variabilidade solar e o ozônio, por Linwool Callis, do "NASA - Langley Research Center", na Virginia (*New Scientist*, vol. 84, p. 532). O ozônio total acima de alguns postos de observação na América do Norte aumentou entre 4 a 8% durante a década de 1960, de acordo com Callis, e passou a diminuir desde 1970. Entretanto, essa variação não reflete exatamente o andamento da variação da atividade solar, que atingiu um mínimo em meados da década de 1970, e passou a aumentar desde então. E, de qualquer maneira, qual é o mecanismo que produz as flutuações na concentração do ozônio?

Kondratyev e Nikolsky destacam que a concentração de ozônio varia inversamente à quantidade de óxidos de Nitrogênio presente na atmosfera. Os óxidos de Nitrogênio (indicados de maneira geral por NO_x) desdobram as moléculas de ozônio através de uma série de reações fotoquímicas que envolvem a absorção da energia solar incidente, e que de outra forma penetraria na atmosfera. Os cálculos feitos no início da década de 1970 mostraram que quantidades bastante grandes de NO_x são injetadas na estratosfera pelos "cogumelos" em expansão resultantes de explosões nucleares efetuadas na atmosfera. Os cientistas soviéticos argumentam que esse efeito sozinho é suficiente para explicar porque o início da década de 1960 foi tão frio, e porque houve um ligeiro aquecimento do hemisfério norte, acompanhado por um aumento na concentração de ozônio - hoje encarado como um retorno a níveis mais normais, ao ter cessado a injeção de NO_x pelas explosões nucleares - no final da década de 1960.

A bola de fogo resultante de uma explosão nuclear na atmosfera atinge a altitude de 30 a 45 quilômetros, e cada megaton libera cerca de 10^{32} moléculas de NO_x. Na corrida para explodir maior número possível de bombas nas vésperas do tratado de 1963, que baniu parcialmente as experiências nucleares, as superpotências detonaram o equivalente a 340 megatons em 1961-1962, produzindo aproximadamente 5.10^{34} moléculas (ou 1,5 megatoneladas) de NO_x em altitudes de 20 a 50 quilômetros, na estratosfera. O dióxido de Nitrogênio, um dos principais constituintes da mistura de óxidos de Nitrogênio, dura cerca de quatro anos na estratosfera. Levando em conta a sucessão de testes atômicos desde a década de 1950, Kondratyev e Nikolsky chegaram à cifra total de 980 megatons até o início de 1963. Supondo que toda a poluição de óxidos de Nitrogênio resultante se espalhasse ao longo de um anel atmosférico localizado entre as latitudes de 25° e 85° norte, calcularam eles que cada centímetro quadrado da superfície situada abaixo desse anel teria sobre ela um total de 10^{17} moléculas de NO_x, suficiente para reduzir o fluxo da radiação solar no nível das altitudes atingidas pelos balões - no topo da troposfera - em cerca de 2,5 %. Esse valor concorda bastante bem com as evidências disponíveis a partir das medidas executadas com balões na década de 1960.

Esse valor também concorda bastante bem com o andamento do clima no hemisfério norte no início da década de 1960. Sobre todo o hemisfério a temperatura média no inverno de 1962-1963 foi de 0,4°C abaixo da média de longo prazo, afirmam os pesquisadores soviéticos, e no inverno de 1963-1964 as temperaturas estiveram 0,6°C abaixo do "normal". A partir de 1963 a frequência das anomalias de temperatura negativa aumentou em todo o globo. Valores máximos de queda de temperatura foram registrados em 1964-1965-1966. Na Grã-Bretanha, de fato o inverno de 1962-1963 foi um dos dois piores de que se tem lembrança, ao passo que dados obtidos com sondas lançadas por foguetes indicam que, na zona equatorial, na média estratosfera, em 1963-1964 a temperatura superou o valor médio dos 12 anos subsequentes em 6 °C. Nos anos seguintes, as temperaturas diminuíram em todas as latitudes na região de 46 a 55 quilômetros de altitude, e em menor proporção nas altitudes entre 16 e 45 quilômetros. O aumento de temperatura da estratosfera é interpretado como resultado do aumento da absorção da energia solar. O aquecimento da estratosfera é responsável pelo resfriamento do solo e da troposfera, pois ele se dá à custa de calor que de outra forma chegaria até o solo.

De 1963 a 1967 a estratosfera lentamente foi-se descontaminando da introdução do NO_x proveniente de cerca de 20 anos de explosões nucleares atmosféricas. Entre 1967 e 1970, entretanto, nova série de testes de armas retardou o retorno às condições normais, refletindo-se isso na alteração da concentração da camada de ozônio. De maneira geral, as evidências a favor da ideia de uma conexão entre os testes nucleares e as alterações no clima parecem bastante fortes para serem deixadas de lado como o foram até agora. Kondratyev e Nikolsky destacam que os climatologistas podem ter sido confundidos, infelizmente, pela erupção coincidente de um grande vulcão, o Monte Agung, em 30 de março de 1963. Agung foi amplamente considerado como responsável pelo andamento das mudanças climáticas na década de 1960, porém os cientistas russos argumentam que, devido à sua localização (a 8° de latitude sul) e à época da erupção, não penetrou no hemisfério norte mais do que

15% da poeira que ele lançou na estratosfera. Alegam eles que o efeito da erupção do Monte Agung sobre as temperaturas do hemisfério norte tem sido superestimado por um fator igual a 2, e que os efeitos dos vulcões e dos óxidos de Nitrogênio provenientes de explosões nucleares contribuíram quase que igualmente para a alteração da intensidade da radiação solar que atinge a troposfera, e aparentemente produziram consequências climáticas semelhantes. Evidentemente este é um ponto que ocasionará debates entre os especialistas. A explicação que Kondratyev e Nikolsky propõem para a conexão entre o Sol e o clima certamente merece ainda maiores discussões.

Por outro lado, parece que a natureza pode fazer melhor qualquer coisa que o homem intente fazer. Moléculas de óxidos de Nitrogênio são produzidas naturalmente na estratosfera em resultado de interações que envolvem os raios cósmicos. Quanto mais raios cósmicos houver, tanto mais NO_x e menos ozônio haverá, ocasionando o aquecimento da estratosfera e o resfriamento da troposfera logo abaixo, onde vivemos. Porque o Sol produz mais partículas - raios cósmicos solares - quando está em maior atividade, pareceria à primeira vista que o aumento da atividade solar deveria levar um decréscimo nas temperaturas da superfície terrestre. Entretanto, as coisas não são assim tão simples.

Considerando somente os raios cósmicos solares, os cálculos efetuados por uma equipe de Boulder e publicados em 1975 (P. J. Crutzen, I.S.A. Isaksen e G. C. Reid, *Science*, vol. 189, p. 457) mostraram que uma grande erupção solar, o chamado evento protônico solar, gera tanto NO_x na estratosfera a grandes latitudes (acima de 60°) quanto uma explosão nuclear de 50 megatons. E em uma extensão posterior desse trabalho, a equipe considerou a possibilidade de que eventos protônicos solares de grande dimensão, especialmente em épocas nas quais o campo magnético terrestre for fraco, poderiam destruir a camada de ozônio o suficiente para tornar desconfortável a vida sobre a superfície da Terra. Eventos como esses poderiam mesmo ser os responsáveis pelas extinções em massa encontradas de tempos em tempos no registro fóssil (*Nature*, vol. 259, p. 177). Por enquanto, Kondratyev e Nikolsky preferem só enfatizar que a ocorrência de um evento protônico solar, sem dúvida algo inusitado, equivalente a uma bomba nuclear de 50 megatons, em termos da estratosfera, multiplicaria os óxidos de Nitrogênio por um fator de 2 a 3, diminuiria a concentração de ozônio em cerca de 25%, e produziria efeitos que persistiriam pelo menos durante dois anos, antes que a estratosfera se recuperasse. Mesmo assim, esses eventos não constituem a fonte mais importante de raios cósmicos para o sistema atmosférico, numa base anual.

Além da atividade variável do Sol, o Sistema Solar recebe os influxos da radiação cósmica de fundo mais permanente, provenientes da galáxia em geral. Esses raios cósmicos galácticos produzem um fundo essencialmente constante, com a intensidade da ordem da metade da influência transiente de um grande evento protônico solar, e muito mais significativo que uma erupção usual. Estes raios, entretanto, interagem com a atmosfera terrestre de maneira diversa. Os raios cósmicos solares atingem em particular as elevadas latitudes, canalizadas pelo campo magnético terrestre, e são absorvidos nas altas camadas da estratosfera. Os raios cósmicos galácticos penetram na baixa atmosfera, sendo absorvidos em altitudes entre 11 e 15 quilômetros, onde há uma queda localizada das concentrações de vapor d'água e de ozônio, e uma abundância máxima de NO_x. E, embora a intensidade dos raios cósmicos galácticos na faixa de latitudes entre 50°N e 50°S seja somente da ordem de 60 a 70% da intensidade nas latitudes maiores, esses raios penetram nas latitudes mais baixas, o que não acontece com os raios cósmicos solares. A influência global dos raios cósmicos sobre a quantidade de NO_x na atmosfera depende, portanto, da combinação das influências dos raios cósmicos solares e galácticos.

O quadro é um pouco mais complicado porque, à medida que aumenta a atividade solar, a maior intensidade do vento solar além de contribuir para um aumento dos raios cósmicos solares incidentes na estratosfera, também produz uma blindagem da Terra com relação aos raios cósmicos galácticos. A intensidade média dos raios cósmicos galácticos é maior durante o mínimo da atividade solar em cada ciclo. A influência do NO_x nas camadas absorventes da atmos-

fera ocasiona um mínimo equivalente na intensidade média da radiação solar, a "constante solar meteorológica" como foi chamada por Kondratyev e Nikolsky. À medida que aumenta a atividade solar, inicialmente o efeito de blindagem constitui a maior contribuição e, até ser atingido o número de manchas solares igual a 70 ou mais, a atividade solar crescente é equilibrada por um decréscimo na carga de NO_x e pelo aumento da constante solar meteorológica - a quantidade de calor do Sol que atinge o solo.

O número de manchas solares constitui uma medida da área do Sol coberta por manchas escuras em um dado mês. Embora não signifique literalmente, no caso, que existissem 70 manchas sobre o Sol, esta é uma medida confiável de todas as formas de atividade solar, incluindo as erupções e os eventos que produzem raios cósmicos solares. Quando o número de manchas solares ultrapassa cerca de 70, parece que os raios cósmicos solares começam a dominar os processos na estratosfera, aumentando a concentração de NO_x nas altitudes de 35 a 45 quilômetros. Mais uma vez, a absorção da radiação solar na estratosfera aumenta, tanto mais quanto maior for o número de manchas solares, de tal modo que, aparentemente de forma paradoxal, tanto os níveis de atividade solar muito baixos como os muito altos, ambos estão ligados à produção de NO_x e às condições de maior resfriamento da troposfera. Valores intermediários do número de manchas solares (blindando-nos dos raios cósmicos galácticos, mas não contribuindo muito para a blindagem dos raios cósmicos solares) estão ligados ao máximo do valor da constante solar medida a partir do solo. O efeito no nível do solo é como se a constante solar variasse de 1 a 2%. Na realidade ela não varia - é a transmissividade da atmosfera que varia.

Com essa explicação, o estudo empírico de Schneider e Mass que relaciona as mudanças de temperatura sobre a Terra com alterações no número de manchas solares e na "constante solar meteorológica", continua a fazer bastante sentido. Considerando a variação desde a "Pequena Idade Glacial" (quando o Sol esteve praticamente sem manchas e sem atividade durante 50 anos) até os dias atuais, a equipe soviética concluiu que, embora "o fluxo total da radiação solar externo à atmosfera (a 'constante solar astronômica') varie de não mais do que 0,4%, o fluxo de radiação solar total na troposfera - a constante solar meteorológica - pode variar até 4% devido a alterações da atividade solar, e até 6% em resultado de influências antropogênicas'.

Todo esse trabalho se encontra em um estágio preliminar, no sentido de não ter ainda sido submetido ao processo normal de análise pelos pares para publicação em revistas especializadas reconhecidas. Sem dúvida, o modelo será refinado e modificado para melhor, em resultado das discussões estimuladas pelo trabalho de Kondratyev e Nikolsky. Um problema óbvio é como relacionar esse trabalho com as evidências de que as alterações do campo geomagnético afetam o clima (*New Scientist*, vol. 89, p.350). Parece que um campo magnético mais fraco se associa a condições de maior calor na Terra, muito embora pudéssemos ingenuamente inferir que um campo mais fraco permitiria os raios cósmicos penetrarem de maneira mais efetiva, realçando sua influência e levando a um resfriamento global. Por outro lado, com certeza esperaríamos que a influência do ciclo solar sobre o clima fosse mais pronunciada quando o campo magnético terrestre fosse mais fraco, o que é revelado exatamente pelo estudo das alterações dos depósitos sedimentares em lagos da Austrália, do Pré-Cambriano recente (*New Scientist*, 16 de julho, p. 147). As extremidades dos fios da meada estão ainda longe de serem atadas, mas o que importa agora é que alguém esteja se esforçando para atá-las, ao invés de somente varrê-las para baixo do tapete.

Existem, de fato, muitas razões para se desejar evitar um holocausto nuclear, e outro aspecto do trabalho de Kondratyev e Nikolsky é que ele acrescenta a elas mais uma. Conforme eles mesmos consideram, "no caso de um conflito nuclear, o decréscimo global da temperatura superficial terrestre poderá atingir de 5 a 10 °K, o que ocasionará consequências desastrosas para a atividade econômica humana".

Se os meteorologistas ainda não desejarem aceitar a ideia da conexão entre o Sol e o clima seriamente, talvez possam dispor de tempo para desenvolver um modelo que acrescente mais peso ao argumento de que ninguém será ganhador em uma guerra nuclear.

O CARBONO-14 ATMOSFÉRICO E AS OSCILAÇÕES SOLARES DE ESCALA SECULAR

A revista "Nature" de 30 de março de 1989 publicou em sua seção de Cartas à Revista uma comunicação com o título acima, de autoria de Minze Stuiver e Thomas F. Braziunas, do Departamento de Ciências Geológicas e Centro de Pesquisas do Quaternário, da Universidade de Washington, Seattle, U.S.A.

Nesta breve comunicação os autores destacaram que o plasma do vento solar em nosso espaço interplanetário reflete parte do fluxo de raios cósmicos ligado à Terra, através da sua interação magnética com as partículas incidentes eletricamente carregadas. Como as alterações das propriedades magnéticas do plasma têm sua origem na superfície do Sol, o fluxo de raios cósmicos incidentes sobre a Terra depende, portanto, da variação das condições da superfície solar. Consequentemente, pelo monitoramento da taxa de produção variável dos isótopos cosmogênicos (como o C-14) em nossa atmosfera, pode-se obter uma história da variação das condições da superfície do Sol em função do tempo. As árvores, pela assimilação do dióxido de Carbono estabelecem um registro do Carbono-14 que provê indícios para desvendar as causas subjacentes às alterações das taxas de produção do Carbono-14.

Não deixa de ser interessante que, ao invés de simplesmente aceitar as hipóteses uniformistas estabelecidas para a cronometria a partir do C-14, os autores da comunicação partem de um ponto de vista essencialmente oposto. Admitem a falta de uniformidade nos eventos todos relacionados com a produção e incorporação do C-14 na matéria orgânica, e passam a procurar correlações que comprovem a variabilidade desses eventos!

De acordo com suas próprias palavras:

Nossa alegação de que a maioria, se não a totalidade, das oscilações de escala secular no registro do $\Delta^{14}C$ é de origem heliomagnética, é apoiada pelo cálculo da intensidade das variações esperadas de $\Delta^{14}C$ induzidas pelo Sol, pela coincidência do máximo $\Delta^{14}C$ próximo do ano 1700 A.D. com a ausência de manchas solares verificada durante o Mínimo de Maunder entre 1654 e 1714, pela compatibilidade da história do C-14 no último milênio com as evidências providas pela ocorrência de auroras e com as observações das manchas solares a olho nu, e pela semelhança (no tempo e na intensidade) do registro do Be-10 cosmogênico nos núcleos de geleiras com o registro do $\Delta^{14}C$ atmosférico.

[Lembramos que $\Delta^{14}C$ indica a atividade do C-14 no tempo de sua formação, expressa em termos de desvio em partes por mil a partir da atividade padrão do ácido oxálico normalizada com relação a um valor fixo δC-13 de -25% com relação ao padrão PDB.].

Afirmam ainda os autores que:

O registro do $\Delta^{14}C$ de longo prazo indica um amplo declínio de 10% em direção ao tempo presente, o que usualmente é atribuído à influência de um momento de dipolo geomagnético crescente sobre a taxa de produção do C-14, ou à influência da variação de parâmetros que caracterizam os reservatórios de Carbono (isto é, das condições climáticas) sobre a atmosfera.

Sem se estender mais profundamente sobre a comunicação em questão, já seria suficiente anotarmos os fatores variáveis citados acima que podem influir na obtenção da idade de qualquer amostra orgânica submetida à datação radiométrica baseada no C-14. E, no entanto, continuam a embasar esse método de datação as hipóteses uniformistas usuais de invariabilidade de uma série de parâmetros envolvidos no processo de formação e incorporação do C-14 na matéria orgânica!

Recomendamos a esse respeito, aos nossos leitores, a releitura do artigo publicado na Folha

Criacionista número 7, de julho de 1974, intitulado "Datação com Carbono Radioativo", de autoria de A. J. "Mounty" White, onde são feitas considerações sobre as sete hipóteses básicas envolvidas nesse método cronométrico.

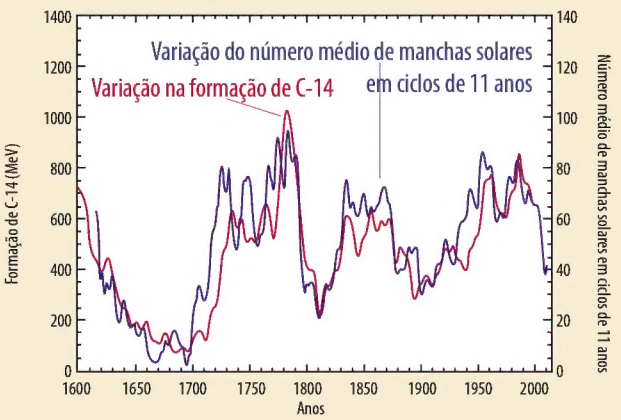
Comparação entre a variação do número médio de manchas solares nos ciclos de 11 anos e a modulação da variação na formação de Carbono-14 durante os últimos quatro séculos

(Esta Nota foi acrescida à reedição deste número da Folha Criacionsta)

Em complementação à notícia anterior, apresentamos ao lado a interessante ilustração constante do artigo que foi objeto das considerações.

Ref. Letter Published: 30 March 1989 - "Atmospheric ^{14}C and century-scale solar oscillations", Minze Stuiver & Thomas F. Braziunas, *Nature* volume 338, pp. 405–408 (30 March 1989)

Gráfico elaborado por Yang *et alli.* & Neher Normalisation (https://wattsupwiththat.wordpress.com/2016/05/03/trend-in-the-revised-sunspot-number-dataset/)



O PROCESSO DE FUSÃO DO HIDROGÊNIO

(Esta Nota foi acrescida à reedição deste número da Folha Criacionista)

A respeito dos neutrinos solares que teriam resultado da fusão do Hidrogênio, considerados no primeiro artigo deste número da Folha Criacionista, apresentamos esta nota resumida que poderá ser de interesse para nossos leitores.

O processo de fusão de dois prótons inicia-se quando eles – que são essencialmente núcleos do átomo de Hidrogênio destituídos de seu elétron no plasma a altas temperaturas – colidem com suficiente força para provocar a sua fusão formando o núcleo de novo elemento, o Deutério, conforme a equação:

$$p + p \rightarrow d + e^+ + \nu_e$$

O núcleo do Deutério (dêuteron) pode, da mesma maneira fundir-se com outro próton, dando origem a um núcleo de Hélio-3 e a um fóton:

$$p + d \rightarrow {}^3He + \gamma$$

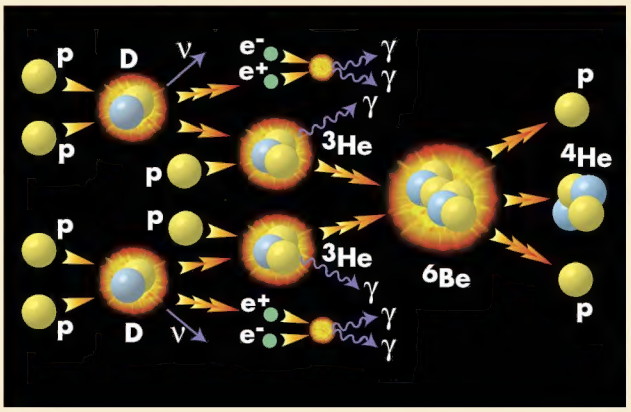
Dois núcleos de Hélio-3 podem então fundir-se e produzir um núcleo de Hélio-4 e dois prótons (que poderão dar início novamente a outro ciclo idêntico):

$${}^3He + {}^3He \rightarrow {}^4He + 2p$$

O processo correspondente a esse ciclo pode ser representado de forma global pela equação:

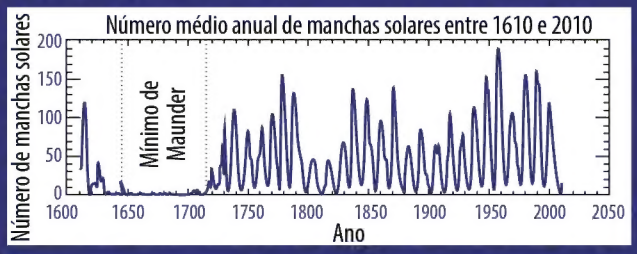
$$4p \rightarrow {}^4He + 2e^+ + 2\nu_e + \text{Energia}$$

O processo de fusão de quatro prótons produziu dois elétrons, dois neutrinos e a massa de dois prótons transformou-se em energia, conforme ilustrado abaixo.



A PEQUENA IDADE DO GELO

A Pequena Era Glacial foi um período de resfriamento climático que ocorreu nos tempos modernos. Os climatologistas não estão de acordo sobre as datas de início e fim deste período. Alguns defendem que teria iniciado no século XVI e terminado na primeira metade do século XIX, enquanto outros sugerem que foi em um período do século XIII ao XVII. Teria sido nos anos de 1650, 1770 e 1850 que ocorreram os mínimos de temperatura, cada um separado por intervalos ligeiramente mais quentes. O período mais frio da Pequena Era Glacial parece estar relacionado com uma profunda queda nas tempestades solares conhecida como "Mínimo de Maunder".



Foi no século XVII, devido à Pequena Era Glacial, que os vikings abandonaram a Groenlândia, cuja vegetação passou de verdejante a tundra.

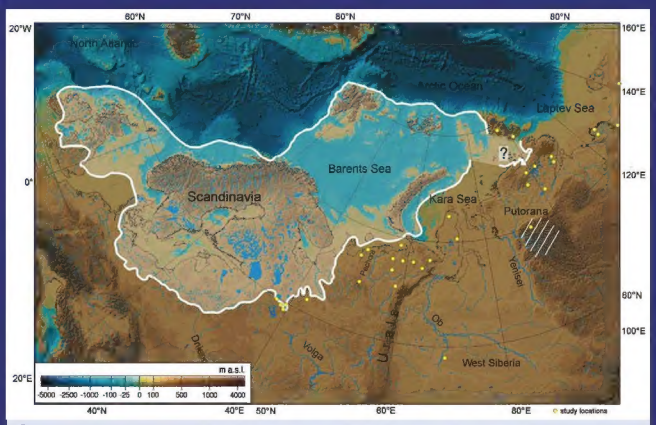
A Finlândia perdeu então um terço da sua população e a Irlanda a metade.

No inverno de 1780, até a zona fluvial de Nova York congelou e podia-se ir a pé da ilha de Manhattan a Staten Island, tendo as conexões comerciais bloqueadas por via marítima.

Na Inglaterra, o Tâmisa congelou (pela primeira vez em 1607, pela última em 1814).

Os canais holandeses costumavam ficar completamente congelados

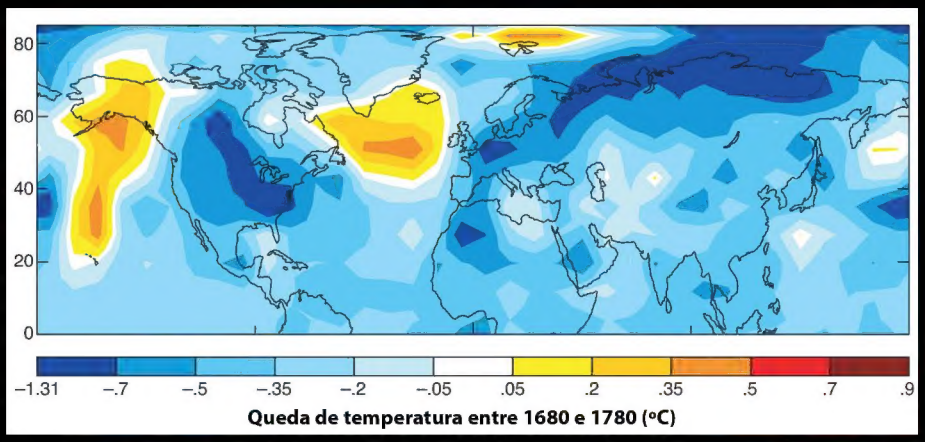
As geleiras nos Alpes cobriam aldeias inteiras, matando milhares de pessoas, e se formou uma grande quantidade de gelo no mar, a tal ponto que não existia mar aberto em torno da Islândia em 1695.



Área coberta por gelo durante o Mínimo de Maunder ao norte da Eurásia

(Observa-se a Finândia, ao sul da Escandinávia, bem ao centro da região afetada)

DISTRIBUIÇÃO GLOBAL DAS TEMPERATURAS DURANTE O "MÍNIMO DE MAUNDER"



O impacto do mínimo solar é claro nesta imagem, que mostra a diferença de temperatura entre 1680 (um ano no centro do intervalo do predomínio do Mínimo de Maunder) e 1780, um ano de atividade solar normal, conforme calculado por um modelo de circulação geral.

O azul profundo do leste e centro da América do Norte e norte da Eurásia ilustra onde a queda de temperatura foi maior. Quase todas as outras áreas da terra também foram mais frias em 1680, como indicam os variados tons de azul. As poucas regiões que parecem ter sido mais quentes em 1680 são o Alasca e o leste do Oceano Pacífico (à esquerda), o Oceano Atlântico Norte ao sul da Groenlândia (ao centro) e o norte da Islândia (centro superior).

Se a energia do Sol diminuiu apenas ligeiramente, por que as temperaturas caíram tão severamente no Hemisfério Norte? O cientista climático Drew Shindell e colegas do "Instituto Goddard de Estudos Espaciais" da NASA abordaram essa questão combinando registros de temperatura colhidos de anéis de árvores, núcleos de gelo, corais e as poucas medições existentes no registro histórico, com um avançado modelo computacional do clima da Terra. O grupo calculou primeiro a quantidade de energia proveniente do Sol durante o Mínimo de Maunder e inseriu as informações em um modelo de circulação geral. O modelo é uma representação matemática do modo como vários sistemas terrestres – temperaturas da superfície do oceano, diferentes camadas da atmosfera, energia refletida e absorvida da Terra, etc. – interagem para produzir o clima.

O modelo mostrou que a queda na temperatura estava relacionada ao ozônio na estratosfera, a camada da atmosfera que fica entre 10 e 50 quilômetros acima da superfície da Terra. O ozônio é criado quando a luz ultravioleta de alta energia do Sol interage com o oxigênio. Durante o Mínimo de Maunder, o Sol emitia luz ultravioleta menos forte e, portanto, menos ozônio se formava. A diminuição do ozônio afetou os gigantescos movimentos na corrente de jato que muitas vezes são mencionados e apresentados nos relatórios meteorológicos da televisão.

Ao criar um modelo que pudesse reproduzir as temperaturas medidas nos registros paleoclimáticos, Shindell e seus colegas chegaram a um melhor entendimento de como as mudanças na estratosfera influenciam os padrões climáticos. Com tal entendimento, os cientistas estão mais preparados para entender quais fatores poderão influenciar o clima da Terra no futuro.

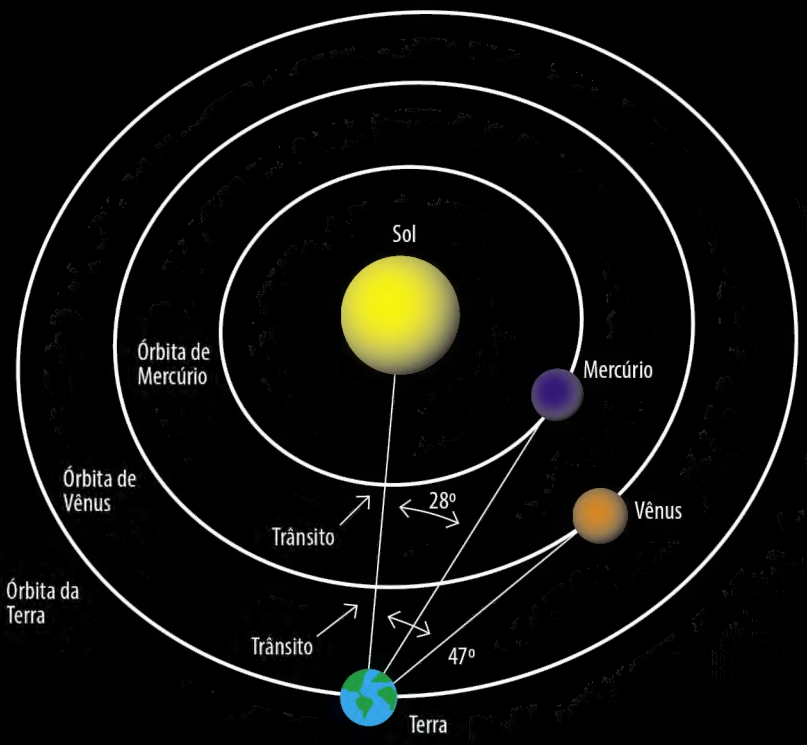
TRÂNSITOS DE MERCÚRIO

Trânsito de Mercúrio é o nome dado à passagem do planeta Mercúrio entre o Sol e a Terra. No fenômeno, Mercúrio é visto como um pequeno ponto escuro movendo-se pelo disco solar.

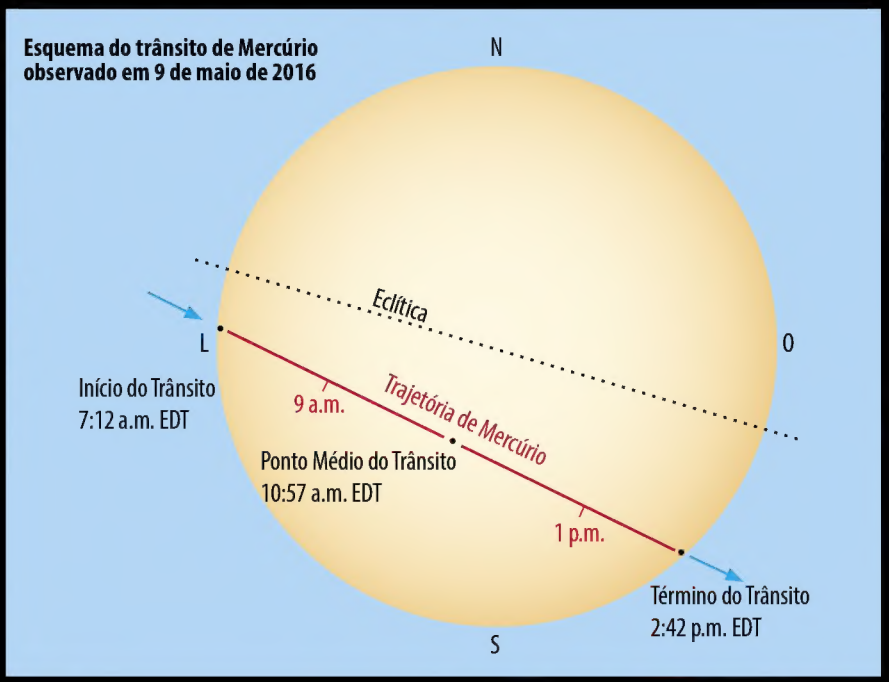
Os trânsitos de Mercúrio com relação à Terra são muito mais frequentes que os trânsitos de Vênus, e ocorrem cerca de 13 ou 14 vezes a cada século, sempre nos meses de maio ou novembro. Uma das razões para esta frequência maior é o fato de que o período da órbita de Mercúrio é mais curto que o de Vênus.

O primeiro trânsito de Mercúrio observado por cientistas, em 7 de novembro de 1631, foi previsto por Kepler em 1627.

Os três últimos trânsitos de Mercúrio ocorreram em 2003, 2006 e 2016.



Observação do trânsito de Mercúrio observado em 9 de maio de 2016



ISSN 1518-3696
9 771518 369002